



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Evaluación de la estabilidad del talud de corte ejecutado en
la carretera nacional PE-38A km 33+500 departamento de
Puno –2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Apaza Maquera, Jhon Angel (ORCID: 0000-0001-9974-0436)

ASESOR

Mg. Sinche Rosillo, Fredy Marco (ORCID: 0000-0002-3313-953)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño De Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Con todo mi Respeto y Gratitud a mis padres, Néstor y Andrea por su constante apoyo y comprensión, quienes me dieron la profesión como la mejor herencia.

A mis hermanos Vilma, Sergio, Sonia y Fredy por su apoyo incondicional que me brindan día a día.

A mi padrino Eloy quien con sus consejos me motivan a ser cada día una mejor persona.

AGRADECIMIENTO

Expreso en primer término mi eterno agradecimiento a Dios, que con su divina omnipotencia y bondad me dio fuerza, lucidez, salud y perseverancia, para hacer realidad esta meta tan anhelada.

A la Universidad Alas Peruanas, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Carrera Profesional de Ingeniería Civil, por haberme acogido como una segunda casa durante mi instancia en Pre-Grado.

En especial a la Universidad Cesar Vallejo, por darme la oportunidad de graduarme y continuar creciendo profesionalmente.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN	11
II. MARCO TEÓRICO	17
III. METOLOGÍA	42
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	42
3.2. Variables y operacionalización.	44
3.3. Población, muestra, muestreo	45
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
3.5. Procedimientos	50
3.6. Métodos de análisis de datos	53
3.7. Aspectos éticos	53
IV. RESULTADOS.....	55
4.1. Estudio Topográfico	55
4.1.1.Generalidades.....	55
4.1.2.Extensión y altitud	56
4.1.3.Accesibilidad	56
4.1.4.Información geotécnica.....	56
4.2. Estudio de Mecánica de Suelos	58
4.3. Levantamiento Topográfico	59
4.4. Cálculo del Factor de Seguridad (Condición Estática -Método Analítico)	61
4.5. Cálculo del Factor de Seguridad (Condición Estática – Software Slide).....	79
4.6. Cálculo del Factor de Seguridad (Condición Pseudo-estática – Software Slide)	80

4.7. Cálculo de Factor de Seguridad por Jambú Simplificado para estado de suelo seco y saturado	83
4.8. Interpretación	85
V. DISCUSIÓN:	90
VI. CONCLUSIONES	96
VII. RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS	99
ANEXOS	106

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Inclinationes de los Taludes de Corte.....	27
Tabla 2: Parámetros para talud de corte	28
Tabla 3: Incógnitas del método de dovelas.	37
Tabla 4: Valores de K sugeridos.	40
Tabla 5: Técnicas e instrumentos utilizados.	49
Tabla 6: Juicio de Expertos.	50
Tabla 7: Resumen de Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos.	58
Tabla 8: Medidas del tramo estudiado.	60
Tabla 9: Valores referenciales para taludes de corte.	61
Tabla 10: Factores de zona “Z”.....	82
Tabla 11: Resumen de resultados obtenidos.	85
Tabla 12: Factores de Seguridad en estados de suelo seco y saturado.	85
Tabla 13: Parámetros para el cálculo de estabilidad de taludes.....	90
Tabla 14: Comparación de Factores de Seguridad obtenidos.....	91
Tabla 15: Comparativa de Factores de Seguridad (Slide V.6).....	92
Tabla 16: Condición del talud según el FS calculado.....	93
Tabla 17: Factor de seguridad en condición de suelo saturado.	94

INDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Partes de un Talud.....	23
Figura 2: Excavación de la calicata (C-1).	25
Figura 3: Ensayo DPL – C1.....	26
Figura 4: Condiciones del terreno y formas de taludes.	28
Figura 5: Equilibrio o desequilibrio de fuerzas en un talud.....	30
Figura 6: Formas de la superficie de falla.	31
Figura 7: Esquema de una grieta de tensión.	32
Figura 8: Banquetas en el talud de estudio.	32
Figura 9: Fuerzas ejercidas sobre una superficie de rotura circular.	36
Figura 10: División de rebanadas para aplicar el equilibrio límite.	37
Figura 11: Mapa político de Puno.	55
Figura 12: Tramo de la Carretera Checa – Mazocruz.	55
Figura 13: Ubicación del Talud de corte km 33+500.	56
Figura 14: Vista del Talud de Corte del km 33+400 al km 33+620 (M.I.)	57
Figura 15: Aplicación del ensayo DPL.	59
Figura 16: Levantamiento topográfico con Estación Total, sector km 33+500.	59
Figura 17: Sección Transversal Crítica (punto más alto).	60
Figura 18: Formulación Bishop.	61
Figura 19: Fuerzas actuantes en la dovela – Método de Bishop.	62
Figura 20: Formulación Jambu Simplificado.....	68
Figura 21: Fuerzas actuantes en dovela – Método Jambu Simplificado.	68
Figura 22: Formulación Ordinario Fellenius.....	74
Figura 23: Fuerzas actuantes en la dovela – Método Ordinario Fellenius.....	74
Figura 24: Condición Estática – Bishop (Slide).	79
Figura 25: Condición Estática – Jambu Simplificado (Slide).....	79
Figura 26: Condición Estática – Ordinario Fellenius (Slide).	80
Figura 27: Condición Pseudo-estática – Bishop Simplificado (Slide).	80
Figura 28: Condición Pseudo-estática – Jambu Simplificado (Slide).....	81
Figura 29: Condición Pseudo-estática – Ordinario Fellenius (Slide).....	81
Figura 30: Zonificación Sísmica.	82
Figura 31: Condición Estática (Slide).....	83
Figura 32: Condición Pseudo-estática (Slide).	83
Figura 33: Condición Estática (Slide).....	84
Figura 34: Condición Pseudo-estática (Slide).	84
Figura 35: Sección Actual Analizado.	86

Figura 36: Sección Propuesta (aporte).....	87
Figura 37: Factor de Seguridad de la Propuesta.....	87
Figura 38: Propuesta de Talud planteado.....	95

RESUMEN

La tesis “Evaluación de la Estabilidad del Talud de Corte” fue desarrollado en la Carretera llave – Checca – Mazocruz, región Puno, con longitud de 72.9km, en su recorrido presenta tramos con taludes de corte altos en suelo y roca; el sector del km 33+400 al km 33+620 presenta una sección crítica de corte cerrado, en cuyo talud del margen izquierdo se observa derrumbes, y presencia de flujo de agua subterránea; en base a la topografía obtenida en una franja 50m, se ha establecido un talud de corte de 18.77m de altura, ejecutada con dos banquetas de ancho 3m cada 7m de elevación, con inclinación promedia de 1.75:1(V:H); los parámetros geotécnicos de suelo fueron obtenidos a partir del ensayo DPL y pruebas de laboratorio, clasificando al suelo como arcillas limosas de ligera plasticidad (ML-CL). La evaluación de la condición del talud se ha efectuado mediante los métodos Bishop, **Jambu simplificado** y Fellenius; efectuado los análisis para estados de suelo seco y parcialmente saturado en condiciones estática y pseudo-estática resulta estable; mientras que para suelo saturado en condición pseudo-estática se obtiene un $FS=1.244$, valor inferior al mínimo requerido de $FS>1.250$; resultando en condición **INESTABLE**, ante ello se planteó una propuesta de estabilización óptima.

Palabras clave: Talud, Factor de Seguridad, Estática, Pseudo-estática

ABSTRACT

The thesis "Evaluation of the Cut Slope Stability" was developed in the Ilave - Checca - Mazocruz Highway, Puno region, with a length of 72.9km, in its route presents sections with high cut slopes in soil and rock; the sector from km 33+400 to km 33+620 presents a critical section of closed cut, in whose slope of the left margin is observed landslides, and presence of groundwater flow; based on the topography obtained in a strip 50m, it has been established a cut slope of 18.77m in height, executed with two 3m wide sidewalks every 7m in elevation, with an average slope of 1.75:1 (V:H); the geotechnical soil parameters were obtained from the DPL test and laboratory tests, classifying the soil as silty clays of slight plasticity (ML-CL). The evaluation of the slope condition was carried out using the Bishop, **Simplified Jambu** and Fellenius methods; the analysis for dry and partially saturated soil states in static and pseudo-static conditions was stable; while for saturated soil in pseudo-static condition a $FS=1.244$ was obtained, a value lower than the minimum required $FS>1.250$; resulting in an **UNSTABLE** condition, therefore an optimal stabilization proposal was proposed.

Key words: Slope, Factor of Safety, Static, Pseudo-static.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática: La inestabilidad de taludes de corte o relleno como parte de infraestructura vial, puede representar un grave riesgo para los usuarios, con repercusiones en la economía; su correcto diseño y ejecución para dar la estabilidad requerida garantiza la seguridad y conservación de la inversión que demandan las obras viales en su conjunto; en ese sentido, la Ingeniería Vial ha ido evolucionando de manera tecnológica a la par con el avance científico, implementándose de metodologías y herramientas que ayudan acercarse de una manera más real a una situación que puede representar un riesgo, a partir del cual plantearse una solución; sin embargo, la variada geografía y formación de diversos tipos de suelo, geomorfología en donde se construyen las obras viales, se vuelven complejas por lo que, una solución adecuada amerita analizar la particularidad de cada zona; esta situación requiere una participación de las diferentes especialidades de la ingeniería en el cual estamos comprometidos todos los profesionales e investigadores a nivel mundial.

En el Perú, la característica de su geografía y tipos de suelo se encuentran definidas de manera relativa; por ejemplo, la cordillera de los andes en donde se muestra lo agreste de la topografía se emplaza en el sentido longitudinal de sur a norte, en donde construir una carretera que cruce dicha formación natural, constituye un verdadero reto para la ingeniería vial, pero también en el territorio patrio existe zonas de llanura como el Altiplano, cuya característica principal es su pronunciada altitud con planicies extendidos en donde construir una carretera tiene regular complejidad, y es en esta particularidad que presentamos “La Evaluación de Estabilidad del Talud de Corte” construido en la carretera nacional PE-38A, Km 33+500 localizado en distrito Ilave, provincia “El Collao” - Puno; donde la temporada de lluvia de fuerte intensidad y las bajas temperaturas se encuentran definidas en las estaciones de verano y otoño respectivamente, dichos factores climáticos afectan a la Infraestructura Vial, provocando erosiones, deslizamiento de masas de tierra, aumento de nivel freático, entre otras consideraciones.

Las Infraestructuras Viales, generalmente se encuentran constituidas de la calzada, bermas, cunetas, taludes, banquetas, laderas, obras de arte y drenaje conexos, por lo que cada componente merece un estudio separado; en esta oportunidad nos centraremos al estudio de estabilidad de taludes, para lo cual planteamos la evaluación del talud de corte con altura superior a 18 metros construido en la carretera nacional PE-38A en el sector km 33+500 (distrito de Ilave), cuya particularidad trata de un mejoramiento vial paralizado en la etapa de ejecución de obra desde octubre 2019, la vía en estudio Checca – Mazocruz es la continuación de la carretera Ilave – Checca, con una longitud de 72.9km, dicho proyecto se desarrolla en la zona sierra sur ente alturas que varían de 3844msnm a 4001msnm, en su recorrido observamos un emplazamiento lineal con ligeras ondulaciones, en cuyos puntos se ubican taludes de cortes y rellenos, con formaciones de suelos sueltos, medianamente compactos sin embargo, en su sección transversal en algunos tramos presentan banquetas, tal como exige actualmente la normativa de Diseño Geométrico (DG-2018), no obstante permanecen al parecer estables; por lo que se ha evaluado su estabilidad mediante métodos aproximados, ¿cuán? Estable se encuentra el talud de corte localizado en el sector del km 33+400 al km 33+620), para lo cual se ha realizado trabajos de campo, laboratorio de suelos y gabinete.

La evaluación de estabilidad de taludes, consiste en un análisis cuantitativo que determina un nivel de confiabilidad conocido como factor de seguridad, cuyo valor es adimensional como indicador de la capacidad en exceso que cuenta la formación natural y/o artificial de masa de suelo por sobre sus sollicitaciones sean estos de origen estático (carga natural) o móvil (carga viva), dependiendo de sus propiedades de resistencia al corte de suelo que lo conforma, así como geomorfología definida a través de la topografía, que puede verse afectado también por la presión de poros generado por la presencia de nivel freático. Los métodos de cálculo empleados son del grupo denominados aproximados los mismos que consisten en principios de BISHOP, JAMBU SIMPLIFICADO Y FELLENIUS, dichos métodos se basan en el análisis de dovelas (rebanada de suelo), representado

mediante fuerzas internas (peso, fricción, normal) de cada una, el cual se lleva a un equilibrio limite, para determinar el valor de soporte de dicho equilibrio.

Los métodos aproximados en mención, anteriormente en la normativa de diseño geométrico vial (DG-2001), aun expresamente permitía su empleo; sin embargo, en la actual normativa (DG-2018) no indica ningún método en particular, se limita a dar recomendaciones respecto a la inclinación de talud por tipo de suelo y para una altura determinada; por lo que, consideramos que ante cortes de alturas superiores a 10m deben efectuarse cálculo de su estabilidad, no solo basta con la construcción de banquetas alternado a cierta altura; el mismo que puede resultar sobredimensionado o sub-dimensionado, pudiendo representar un riesgo a la seguridad y afectando a la inversión racional que requiere una obra de infraestructura vial.

En el presente estudio de investigación con fines académicos, planteamos el supuesto inestabilidad de talud de corte en un sector de la carretera; el cual, previa evaluación analítica se confirma el descarte de la hipótesis planteada, con base al factor de seguridad hallada mediante los tres métodos mencionados (Bishop, Jambu simplificado, Fellenius), para lo cual definimos los parámetros de diseño de taludes que fueron soporte para la determinación del resultado en condición Estática y Pseudo-estática.

Problema General: ¿En qué condición (estabilidad o inestabilidad) se encuentra el talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A km 33+500, Puno - Perú?. **Problemas Específicos:** (a) ¿Cuál es el método adecuado según la forma de superficie de falla para el análisis de estabilidad del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú?, (b) ¿Cuánto es el Factor de Seguridad analizado en condición es estática y pseudo-estática para diferentes estados de suelo del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú?, (c) ¿Cuál es la propuesta de solución ante la inestabilidad del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú?

Justificación del Estudio: Teórica; El estudio, cálculo y/o diseño de taludes que se dan en obras civiles, es una actividad que necesita de la participación de varias especialidades de la ingeniería, por lo que su estudio requiere de conocimientos de la geotecnia, geología, hidrogeología, topografía y otros afines. El estudio aplica a taludes que evidencian inestabilidad ya sea por su altura, pronunciada inclinación o por el tipo de suelo que lo compone, así como la presencia de nivel freático; por lo que debe establecerse un nivel de confiabilidad para garantizar la estabilidad de la misma; dicho factor busca un equilibrio de aspectos relacionados al costo que demanda su ejecución, funcionalidad, seguridad ante riegos de ocurrencias de posibles fallas que podrían producirse ante un eventual diseño inapropiado. Para la determinación de los Factor de Seguridad en taludes se considera en forma preliminar e hipotética el plano de falla del talud en función de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de los suelos determinados por los factores más críticos y más cercanos al posible plano de falla. **Metodológica;** En el análisis de la estabilidad de taludes, existen métodos aproximados (BISHOP, JAMBU SIMPLIFICADO, FELLINIUS) y métodos exactos (SPENCER, SARMA, MORGENSTERN y PRICE), los mismos que cuentan con soportes de software (computacional), en ese sentido, en la presente investigación se aplica los llamados métodos aproximados, los cuales consisten en analizar una porción de masa de suelo seccionados de manera vertical también denominados “Dovelas”, los cuales se localizan dentro de la posible superficie de falla a los cuales se evalúa su equilibrio de manera unitaria, para luego analizar de manera integral con lo cual se obtiene un valor adimensional conocido como “Factor de Seguridad”. Por otro lado, señalar que la normativa relacionada al tema como es el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, anteriormente (DG-2001), admitía de manera expresa el empleo de métodos aproximados para taludes con alturas mayores a 10m, en la actualidad dicha normativa solo se limita a dar recomendaciones de las inclinaciones de talud de corte en función a la clasificación de tipo de suelo, recomendando banquetas de 3m de ancho cada 7m de altura y para suelos con tipo de material grava, limo arcilloso o arcilla y arena con altura de corte

mayor a 10m recomienda la construcción de banquetas y/o estudio de estabilidad. **Económica;** Uno de los fundamentos de la Ingeniería Civil, es proyectar y ejecutar obras civiles que, aparte de ser funcionales y seguros deben materializarse con racionalidad económica, por lo que, una infraestructura sobredimensionada representa un mayor costo de inversión y una estructura sub dimensionada representa un riesgo de falla que podría afectar a la seguridad de los usuarios; en ese sentido, la inclinación de taludes con alturas mayores a 10 metros deben ser estudiados a detalle, cuyo diseño represente una estructura segura y demande un costo óptimo para su inversión; en obras viales se conoce que, la mayor parte del presupuesto se destina a movimiento de tierras debido al empleo masivo de maquinaria pesada que esto requiere, entonces se deduce que, ejecutar corte de talud según la inclinación adecuada el cual fuese determinada mediante un diseño idóneo puede determinar una inversión justificada de la actividad; es por lo cual, la relevancia que tiene hacer un estudio de estabilidad de taludes de alturas considerables ($> 10\text{m}$).

Hipótesis General: El talud de corte de la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú; se encuentra en situación inestable. **Hipótesis Específicos:** (a) La aplicación de métodos aproximados para determinar la estabilidad de talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú; es factible, según la forma de superficie de falla curvo, (b) La condición del talud corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú, es INESTABLE para solicitaciones críticas, (c) Con la propuesta de solución se logra la estabilización ante la inestabilidad del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú.

Objetivo General: Analizar la condición del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A km 33+500, Puno – Perú. **Objetivos Específicos:** (a) Determinar el método adecuado según la forma de superficie de falla para el análisis de estabilidad del talud corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno – Perú, (b) Determinar el Factor de Seguridad analizado en condiciones estática y pseudo-estática para diferentes estados de suelo del talud de corte ejecutado en la carretera

nacional PE-38A Km 33+500, Puno – Perú, (c) Plantear la propuesta de solución ante la inestabilidad del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno – Perú.

II. MARCO TEÓRICO

Trabajos Previos.

Antecedentes Internacionales

Escobar, S. y Flores, M. (2017), efectuaron con fines académicos (pregrado), investigación de estabilidad de taludes a lo largo de 8.85km de la vía de evitamiento del poblado de Macas (Ecuador), para lo cual estudiaron una franja de 20m a cada lado de la vía, encontrando distintos tipos de suelo y formaciones rocosas, problemas geológicos como asentamiento de la calzada entre otros; mediante la aplicación de métodos de Bishop, Jambu y Spencer para taludes de suelo, obtuvieron valores de factores de seguridad de 1.50 para condiciones estáticas y 1.05 para condiciones pseudoestáticas; quienes finalmente concluyen que la presencia del agua de escorrentía es una de las principales causas de inestabilidad por lo que recomiendan ejecutar obras de drenaje pluvial en la corona (hombro) y al pie de talud de corte.

Espinoza, C. y Tapia, L. (2013), efectuaron investigación con fines académicos (pregrado), para determinar el método más apropiado para acercarse a un factor confiable para el diseño de taludes de la presa (Proyecto de Pacalori – Ecuador) ; en ese sentido, desarrollaron cálculos mediante los llamados métodos aproximados como: Fellenius, Bishop, Jambu así como el empleo de métodos rigurosos o exactos como: Spencer y Morgenstern y Price; basado en la comparación de resultados concluyen que el método de Jambu es el más conservador y el método de Bishop brinda valores altos y los demás métodos se encuentran dentro de ese parámetro; sin embargo también advierte que en algunos estudios de estabilidad de presas los que dieron valores más confiables fueron los métodos rigurosos; sin embargo en este caso particular fue el método aproximado de Jambu simplificado; por otro lado también señalan que la presencia de la escorrentía de agua afecta a la disminución de la cohesión que

finalmente repercute en la inestabilidad por lo tanto recomienda dotar obras de mitigación.

Steluti, G. y Azoia, J. (2017), efectuaron un artículo científico con el propósito de estabilizar el talud a través de los análisis numéricos de la carretera que se encuentra situado en Sao Paulo, país de Brasil. Para dicho análisis primeramente se llevó a cabo el levantamiento topográfico para luego procesar y obtener el diseño geométrico, luego los Ensayos de Mecánica de Suelos más precisamente el SPT (ensayo de penetración estándar); para así de esa forma conseguir en nivel en donde se encuentra el agua y acercarlo a las superficies con una alta influencia de deslizamiento. Todas las infraestructuras viales se vieron afectadas a causa de la estabilidad de taludes, los cuales se ubican por el cizallamiento de pendiente y temporadas pluviales ya que la etapa de ejecución no se resolvieron dichos problemas. Finiquita; la penetración reduce el factor de seguridad.

Coliente, A. (2010), efectuó investigación con fines académicos (post-grado) – México; señala que la forma de la superficie de falla de una ladera o talud está determinada por el tipo de suelo, por ejemplo, para el caso de suelos granulares la forma puede ser plana, semicircular, parabólico, traslacional; mientras que para suelos arcillosos generalmente la superficie de falla es de forma circular; así mismo indica que, al ejecutar obras civiles como carreteras, ferrocarriles, canales, túneles y otros modificamos los aspectos geotécnicos e hidráulicas de laderas naturales, modificando el equilibrio de esfuerzos y exponiendo a la intemperie; por lo que es necesario realizar los estudio de estabilidad de taludes considerando la alteración de esfuerzos, fluctuaciones de nivel freático, escorrentía superficial, exposición a la intemperie (erosión), sismicidad.

Hernández J., Fernández D., Martínez M., Figueroa B., Rubio E. y Garcia J. (2019), efectuaron un artículo científico en México, con la

intensión de determinar las características físico-mecánicas que posee el suelo y el relieve topográfico en el ACP (Análisis de Componentes Principales), RLM (Regresión Lineal Múltiple) y AV (Avance Lateral). Entre sus procedimientos; reunieron datos topográficos y también efectuaron la obtención de treinta muestras para de esta manera precisar los parámetros físico-mecánicos. El cuestionamiento consiste en el aumento de la degradación de suelos a causa de la erosión hídrica. Concluyendo que, los causantes del avance lateral son la densidad que posee la cresta del talud y sobre todo el ángulo de la pendiente, para afrontar ello es recomendado realizar una construcción de presas y así controlar el lodo.

Gurruchaga D. y Viscarra F. (2020), efectuaron un artículo científico en La Paz- Bolivia, cuyo propósito fue realizar mucho más el análisis para la estabilidad de taludes y por lo cual utilizaron el método de los elementos finitos con el objetivo de localizar aquellas zonas que con el pasar de los días puedan lleguen a tener deslizamientos. Así mismo, emplearon los métodos numéricos para estimar el Factor de Seguridad (F. S.) y también el método de equilibrio límite para precisar las fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes de un suelo el cual es inestable. Para ello tomaron como referencia el estudio de riesgos de Villa Exaltación – La Paz, ubicado en el país de Bolivia, en el cual se determinaron la presencia de enormes deslizamientos de suelos teniendo como causantes al ambiente social y las particularidades topografías que posee que dicho lugar. Concluyendo, con respecto al método de los elementos finitos se estudió la reacción de deformación – tensión el cual es más conciso que el mismo método de equilibrio limite y que además el mejor método de estabilización es el corte de la cabeza del talud obteniendo de esa forma un Factor de Seguridad mayor a 1.20.

Antecedentes Nacionales

Mendoza, J. (2016), efectuó investigación con fines académicos (pregrado), el investigador determinó los parámetros para el estudio

de taludes de gran altura (más de cien metros), en el proceso de minado del proyecto minero Antapacay; para lo cual identificó la estratigrafía del suelo conformante, encontrándose arenas, arenas limosas, arenas arcillosas y arcillas, mediante empleo de métodos de Bishop simplificado, Morgenster y Price, Spencer determina valores de factor seguridad en condición estática y pseudoestático, concluyendo que los resultados obtenidos por los métodos mencionados son similares, presentando variaciones del orden del 5% a 7%, finalmente recomienda efectuar estudios desde la concepción del proyecto, ya que en la etapa operativa como el caso estudiado puede generar mayores costos innecesarios, también recomienda implementar drenes para disminuir los efectos de presión de poros que genera el agua.

Alvarado, A. y Cornejo, A. (2014), efectuaron investigación con fines académicos (pregrado), sobre la estabilidad de taludes en Costa Verde, Lima-Perú, en donde analizaron un tramo de 1.30km, identificando sectores críticos, en base las condiciones estática y pseudoestática determinaron mediante método aproximado de Jambu al que describe como un método “satisfactorio”, factores de seguridad apropiados, determinado efectuar cuatro banquetas de ancho de cinco metros que facilitarían el proceso constructivo y las actividades futuras de mantenimiento; así mismo para evitar erosiones eólicas provenientes de la brisa del mar, plantearon emplear geomallas y geomantos con la finalidad de crear vegetación (césped) y evitar la caída de piedras al pie de talud.

Muñoz, M. (2017), en su investigación, evalúa soluciones de estabilidad para deslizamiento en taludes de corte de la una carretera, para lo cual, identifica en su estudio 3 tramos críticos que van a formar parte del estudio, cuyo objetivo general es realizar una comparación de propuestas para solucionar problemas de inestabilidad de taludes en proyectos de infraestructura vial en el Perú, obtuvo como

resultados soluciones técnicas y bien económicamente factibles, asimismo, concluye que, el costo del sistema de suelo reforzado fluctúa menor al 35% del costo de ejecutar con construcciones de muros de concreto armado, recomendando obtener una interpretación exacta de los sistemas evaluados en el aspecto económico y realizar comparaciones de costos totales, con un presupuesto más detallado.

TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

Introducción a Estabilidad de Taludes

A lo largo de los años la relación existente antrópica con el medio ambiente fue cambiando debido al aumento de las acciones realizadas por las personas promoviendo el crecimiento económico y perturbando el entorno, debido a ello es por el cual fue incrementando los fenómenos naturales dando por consecuente el cambio climático (Hernández, Y. y Ramírez, H., 2016).

El movimiento que ocurre internamente de los suelos son aquellos acontecimientos desconocidos por la variedad de tipos de movimiento, la rapidez con lo que ocurren y sus propiedades. Para su procesamiento se usan los parámetros hallados In Situ para el análisis de las referencias matemáticas y precisar el coeficiente de seguridad teniendo en cuenta la inquietud del análisis de estabilidad (Oliva, A., Ruiz, A., Gallardo y R., Yulady, H., 2019).

El movimiento del volumen del suelo causa alteraciones de la superficie y distorsión en el ambiente. Este acontecimiento es causado por la carencia de planeamiento territorial, el incremento de la acumulación urbana y el incorrecto relleno de los suelos; causando impacto socioeconómicas, ecológico hasta pérdidas de vidas humanas (Pereira, F., Dias, F., Assis, E. y Barreto, T., 2019).

En el presente capítulo se puntualizan aquellas nociones previas que se debería poseer para así poder comprender los próximos capítulos. Se muestran iniciando con conceptos sumamente básicos como son la conceptualización de un talud de corte, resistencia al corte, entre

otros. Así mismo, se explicarán los métodos de análisis para la estabilidad de taludes.

Taludes

Se llama talud a toda superficie que se encuentra inclinada ya sea de material rocoso o suelo, mismo que componga un ángulo con respecto a la horizontal. Los taludes se agrupan en taludes naturales, son aquellas que poseen pendientes naturales y en taludes contruidos, mismos que podrían tratarse de los cortes de terrenos o terraplenes (Gerscovich, 2013).

Un “talud” o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como “ladera” cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y “talud” cuando se conformó artificialmente (Figura 1.a). Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. Se pueden presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas (Suarez, 2009).

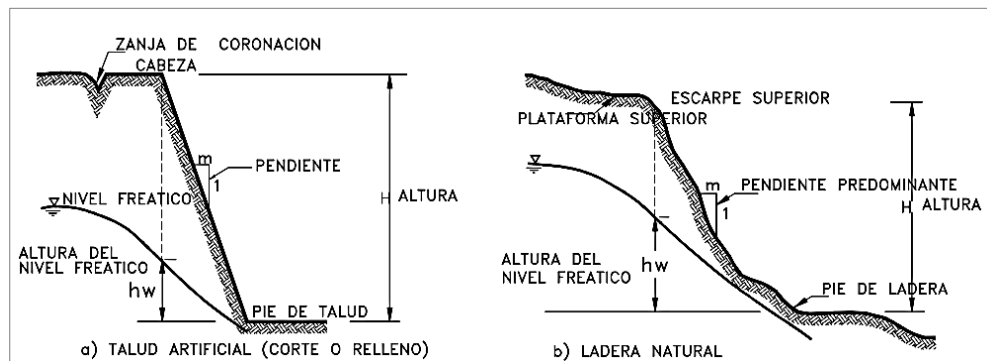
Talud de corte

Según la Asociación de Carreteras del Japón (1984), los taludes de corte son distintos a los taludes de relleno en terreno agreste u otro tipo, ya que suelen ser un tanto complicados en precisar su diseño adecuado con cálculos de estabilidad puesto que es la estructura geológica del terreno es complicada, las propiedades del suelo cambian considerablemente, así mismo el pronóstico de ubicación de superficie de falla y los parámetros de resistencia del suelo es complicado y la resistencia al corte se reduce con el pasar del tiempo debido a la exposición al intemperismo luego de haber realizado la excavación.

Partes de un talud de Corte

En un talud o también llamado ladera es determinado por un grupo de elementos como se muestra en la Figura N° 1.

Figura 1: *Partes de un Talud.*



Fuente: *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Suárez, J., 1998.

Según Suárez (1998) plantea los siguientes conceptos para cada elemento presentado en la figura N° 1.

- **Altura.** - Es aquella longitud de forma vertical entre la cabeza y el pie, misma que es determinado de manera clara en taludes construidos.
- **Pie.** – Es el lugar de modificación de manera radical en la parte inferior.
- **Cabeza.** – Es llamado también escarpe, el cual hace referencia a la modificación drástica de la pendiente en la parte superior.
- **Altura del nivel freático.** – Es aquella distancia de manera vertical y que parte desde el pie del talud hasta el nivel de agua promedio por debajo del escarpe o cabeza.
- **Pendiente.** – Es aquella de inclinación que posee el talud, mismo que puede medirse en grados (35°), porcentaje (50%) o inclusive en relación $m/1$, donde “m” es la longitud horizontal el cual retribuye a una unidad con relación a la longitud vertical (1H:2V).

Ensayos de Mecánica de suelos

Como en todo proyecto de investigación de ingeniería y el éxito del mismo mucho depende de si se realizaron o no el estudio de mecánica de suelo adecuadamente para así disponer de información de calidad y veraces. En este caso se realizó una diversidad de ensayos básicos como humedad, granulometría, límites de consistencia, peso específico y DPL con el propósito de obtener parámetros geotécnicos. Así mismo, se llegó a clasificar los tipos de suelos presentes en el talud.

Clasificación de suelos

El suelo está conformado por material suelto y entre sus poros existe agua, nutrientes y aire. Se aumentaron los sistemas de agrupación tomando en cuenta propiedades agrológicas y también geotécnicos de acuerdo a los materiales que lo conforman. Para la clasificación de suelos se toma en consideración los estratos presentes y los materiales que estos contienen y sobre todo se busca la homogeneidad (Cruz-Guevara, L., Cruz-Ceballos, L. y Avendaño, G., 2020).

Análisis Granulométrico por Mallas.

El ensayo del estudio granulométrico se realiza acorde a la norma AASHTO T88, el cual es examinar las características que posee el suelo mediante el uso de tamices teniendo en consideración la proporción de material retenido y la proporción del material pasante (Quimis, B. y Shkiliova, L., 2019).

En la siguiente figura se puede divisar que se están realizando las calicatas.

Figura 2: Excavación de la calicata (C-1).



Fuente: *Elaboración propia.*

Para el análisis de estabilidad de taludes son imprescindibles los siguientes parámetros:

- La cohesión (kg/cm^2). – es una dimensión de la unión entre las partículas del suelo como también es usada para simbolizar la resistencia a la fuerza cortante causado por la cementación, en pocas palabras va muy relacionado a la permeabilidad que posee el suelo (Suárez, 1998).
- El ángulo de fricción ($^\circ$). – Es la simbolización numérica del parámetro de rozamiento (Suárez, 1998), asimismo para Franch (2014) el ángulo de rozamiento interno es la variable del rozamiento interno que posee el suelo. La correlación de partículas en una misma posición de contacto se puede notar que es afectado por la fuerza normal subyugada y la resistencia tangencial al cizallamiento entre las dos áreas vinculadas dimensionalmente, ocasionando la fricción (Mattos, J. y Marin, J., 2020).
- Peso específico (kg/m^3). – Está directamente vinculado entre el peso y su volumen; el cual depende mucho de la humedad,

agujeros de aire y el peso específico de las partículas sólidas que lo componen (Yepes, 2014).

En el territorio peruano, los ensayos más tradicionales para la obtención de los parámetros mencionados para el cálculo de estabilidad de taludes son: el corte directo, ensayos triaxiales y DPL. En este caso solo se realizó el ensayo DPL.

Ensayo DPL

Este ensayo se lleva a cabo por lo general desde el área del terreno, consiste en realizar el hincado seguido, en tramos de 10cm. De una punta en forma cónica teniendo un ángulo de 90° y un área transversal de 10cm^2 usando la energía del martillo el cual tiene un peso de 10kg que cae libremente de una altura de 50cm, asimismo el ensayo nos ayuda a tener un registro seguido de la resistencia a la penetración que posee el terreno; para realizarlo primeramente el equipo debe posicionarse de manera vertical para así prevenir que no haya desplazamientos durante el hincado que rebase el 2%. Cuando existen suelos complicados, se logra aceptar hasta 5% de desviación mismo que debe ser registrado (Flores W. y Chávez, J., 2020).

Figura 3: Ensayo DPL – C1.



Fuente: *Elaboración propia.*

Pendientes de Taludes de Corte

Por lo general los taludes de corte suelen ser inestables luego de culminar los trabajos de corte. Por ende, los cálculos de estabilidad de los mismos son de suma importancia. Una pauta que se debe ejercitar hace referencia a los parámetros estándar de inclinación presentados en la Tabla 1. Los taludes por lo general deben ser protegido mediante muros de entramados, solamente cuando es ineludible ejecutar un talud de corte teniendo esta una pendiente mucho más inclinada que la estándar, con la finalidad de reducir el volumen de corte (Asociación de Carreteras del Japón, 1984).

Tabla 1: *Inclinaciones de los Taludes de Corte.*

Clasificación del suelo		Prof. de corte	Inclinación
			V:H
Roca dura			1:0.3 a 1:0.8
Roca Blanda			1:0.5 a 1:1.2
Arena	No densa y pobremente graduada		1:1.5 a
Suelo arenoso	Denso	Menos de 5 m	1:0.8 a 1:1.0
		5 a 10 m	1:1.0 a 1:1.2
	No denso	Menos de 5 m	1:1.0 a 1:1.2
		5 a 10 m	1:1.2 a 1:1.5
Suelo arenoso mezclado con grava	Denso o bien graduado	Menos de 10 m	1:0.8 a 1:1.0
		10 a 15 m	1:1.0 a 1:1.2
	No denso o pobremente graduado	Menos de 10 m	1:1.0 a 1:1.2
		10 a 15 m	1:1.2 a 1:1.5
Suelo cohesivo		0 a 10 m	1:0.8 a 1:1.2
Suelo cohesivo mezclado con masas de roca o bolonería		Menos de 5 m	1:1.0 a 1:1.2
		5 a 10 m	1:1.2 a 1:1.5

Fuente: *Serie de Trabajo de Tierra en Carretera – Manual de Protección de Talud*, Asociación de Carreteras del Japón, 1984.

Así mismo, tomando como referencia el Manual de Carreteras DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se obtiene la siguiente tabla N° 2, el cual hace mención de las recomendaciones sobre inclinaciones que se deberían tomar en cuenta en taludes de corte.

Tabla 2: *Parámetros para talud de corte*

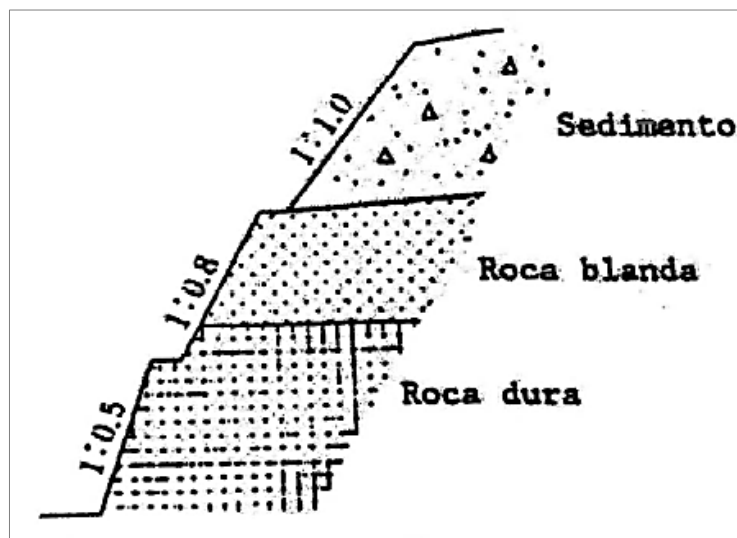
Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
	5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

Fuente: *Manual de Carreteras DG, 2018.*

Formas de talud

Se puede divisar en la Figura N° 4 que la inclinación que tienen los taludes guarda mucha relación con el suelo. Cuando existe un cambio en la inclinación, en muchos casos se ejecuta una banqueteta en el lugar donde hay un cambio de inclinación. Por lo general cuando el suelo y la geología tienden a ser los mismo en profundidad y las mismas en las direcciones longitudinales y transversales se llega a usa una pendiente uniforme, pero cuando estas varían de manera dificultosa y considerable se podría llegar a usa una mayor pendiente, sin embargo, esta llega a ser antieconómico (Asociación de Carreteras del Japón, 1984).

Figura 4: Condiciones del terreno y formas de taludes.



Fuente: *Serie de Trabajo de Tierra en Carretera – Manual de Protección de Talud*, Asociación de Carreteras del Japón, 1984.

Banquetas

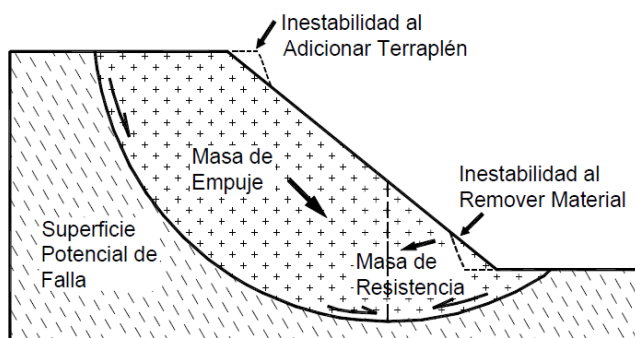
Según la Asociación de Carreteras del Japón, 1984, una solución más factible a lo mencionado anteriormente es la instalación de banquetas de 1 a 2 m de ancho y a una determinada altura.

- **Propósito de la banqueta.** – En un talud de corte, más exacto en la parte inferior, la velocidad y descarga del agua superficial tiende a aumentar causando así un gran aumento de las fuerzas de socavación. Para contrarrestar todo ello se proporciona una banqueta justo al medio del talud y paralelo al pie del talud y la concentración de agua superficial en la parte inferior puede llegar a prevenirse construyendo una zanja en la misma banqueta para así de esta forma drenar el agua hacia fuera del talud. Así mismo, una banqueta puede usarse como vereda para la supervisión o también como andamio para el mantenimiento o limpieza de la misma.
- **Criterio de diseño.** – Estas son la supervisión y reparación de la misma, la altura que posee el corte, la pendiente que tiene el talud, los parámetros del suelo, los costos y otros criterios.
- **Inclinación.** – Cuando en la misma banqueta no existe facilidades para la construcción de un drenaje, se proporciona una inclinación transversal de 5% a 10% para que así toda el agua drenada se dirija hacia el pie del talud. Sin embargo, cuando el suelo es erosionable la inclinación de la banqueta se da en dirección contraria para que así el agua sea dirigida a la zanja de la banqueta.
- **Localización.** – Dependiendo mucho del suelo y la escala que posee el talud de corte, la banqueta se diseña de 1 a 2 metros de ancho y este mismo entre cada 5 a 10 metros de altura que posea el talud. Cabe recalcar que cuando el talud de corte es grande y largo se recomienda que la banqueta sea más ancha.

Equilibrio o Desequilibrio de Fuerzas (Factor de seguridad)

En un talud estable hay un equilibrio entre las fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes, entre las cuales es determinante la fuerza de gravedad. En la Figura 5 se muestran las masas que tratan de producir el movimiento y las masas que tratan de contrarrestarla. Si se colocan cargas adicionales en la parte superior del talud o se remueven en el pie, se puede producir la inestabilidad de éste. Igualmente, la inestabilidad puede ocurrir por el aumento de la pendiente del talud (Suarez, 2009).

Figura 5: *Equilibrio o desequilibrio de fuerzas en un talud.*



Fuente: *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Suárez, J., 2009.

Falla de taludes

Las fallas son ocasionadas por los desplazamientos sísmicos que ocurren en el interior más específico en las placas tectónicas. Su precisión es afectada por los acontecimientos sísmicos, la topografía del terreno y sobre todo la geomorfología del terreno (Ortega, R., Carciumaru, D., Gutierrez, E., Huesca, E. y Quintanar, L., (2019).

Formas de la superficie de falla

Las técnicas de límite de equilibrio se utilizan cuando las fallas corresponden a los deslizamientos de traslación o de rotación sobre superficies de falla determinadas (Figura 6). Se pueden estudiar superficies planas, circulares, logarítmicas, parabólicas y combinaciones de éstas. En los últimos años, se han desarrollado

algunos modelos de superficies de falla con forma no geométrica (Suarez, 2009).

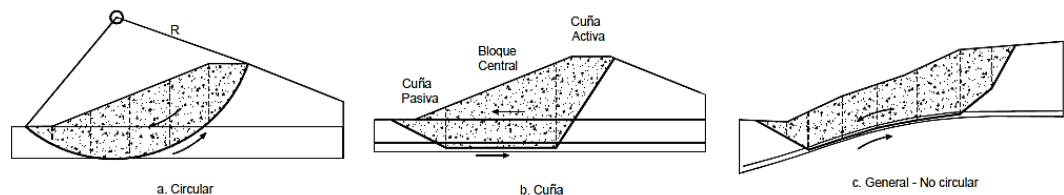
Análisis de superficies planas

Cuando existen discontinuidades planas en la roca o en el suelo del talud, se acostumbra realizar el análisis de falla a traslación. Esta técnica asume el deslizamiento traslacional de un cuerpo rígido a lo largo de un plano o a lo largo de la intersección de dos planos, como el caso de la falla en cuña (Suarez, 2009).

Análisis de superficies curvas

En los suelos o rocas blandas, las superficies de falla a deslizamiento, tienden a tener una superficie curva. A estas superficies se les conoce como “círculos de falla o superficies de falla rotacionales”. En los análisis de estabilidad, se debe determinar la localización de la superficie crítica de falla y el factor de seguridad a lo largo de esta superficie (Suarez, 2009).

Figura 6: *Formas de la superficie de falla.*

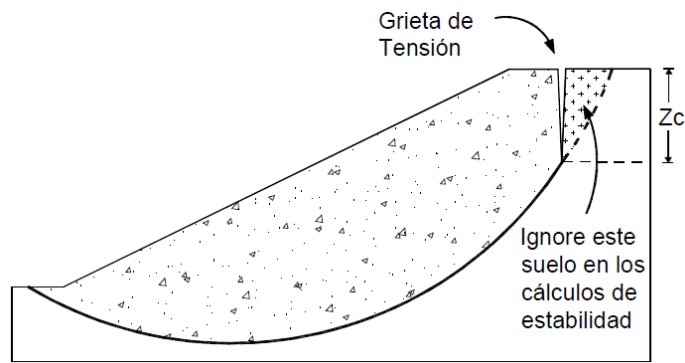


Fuente: *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Suárez, J., 2009.

Las grietas de tensión

La existencia de grietas de tensión aumenta la tendencia de un suelo a fallar (Figura 7); la longitud de la superficie de falla a lo largo de la cual se genera resistencia, es reducida y adicionalmente, la grieta puede llenarse con agua. En el caso de las lluvias, se pueden generar presiones de poros transitorias que afectan la estabilidad del talud (Suarez, 2009).

Figura 7: Esquema de una grieta de tensión.



Fuente: *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Suárez, J., 2009.

Deslizamiento de taludes

Los deslizamientos que ocurren en la superficie son resaltantes en áreas que tienen poca vegetación por consecuencia de la deforestación, en laderas que cuentan con un ángulo entre 18° a 25° y en superficie con una gran porción de agua a consecuencias de fuertes lluvias. Los flujos de agua dentro del volumen del suelo también influyen a la resistencia al cizallamiento (Teófilo, E., Muciño. R., Morales, G. y Esteller, M., 2019).

Figura 8: *Banquetas en el talud de estudio.*



Fuente: Elaboración propia.

Levantamiento Topográfico

La ciencia de la topografía de la topografía se divide en la altimetría (es relativo a los rasgos del terreno en un área plana con sus especificaciones que va en rumbo horizontal a los puntos capturados y planimetría (hace referencia a la altura en que se realiza el levantamiento topográfico y así conocer los rasgos de su relieve (Del Rio, O., Gómez, F., López, N., Saenz, J. y Espinoza, A., 2020).

Resistencia al corte

La resistencia al corte que posee un suelo es conceptualizada por aquella unidad de área que la misma muestra contra la falla por encima de un plano dentro el mismo (Das, 2001).

A lo largo de la corriente sísmica la corriente de corte perfora el suelo en toda el área de deslizamiento, causando así una tensión entre las partículas internas que posee el suelo al cizallamiento, de esta manera impulsando la deformación de la estructura y las partículas tienden a ser en forma densa. El movimiento sísmico ocurre de manera impredecible imposibilitando la escapatoria de agua entre los poros aumentando su presión y reduciendo la solidez al corte del suelo (Fouché, N., 2020).

Criterio de rotura de Mohr Coulomb

Según la teoría planteada por Mohr todos los materiales se llegan a romper debido a una mezcla entre la normal y el esfuerzo cortante. Empleando esta teoría mencionada; Coulomb formuló un criterio de rotura a aquellos suelos que vincula las tensiones efectivas y las normales las mismas que desempeñan en cualquier plano del suelo (Gonzales de Vallejo, 2003).

El desempeño mencionado se detalla como:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Donde:

τ : Resistencia al corte de los suelos

c : Cohesión

σ : Esfuerzo de los suelos

ϕ : Ángulo de fricción interna de los suelos.

Método de análisis de estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes también es conceptualizada como aquel equilibrio de fuerzas que actúan y las fuerzas que resisten, analizando la condición estática y pseudo-estática (Bazzi, H., Noferesti, H. y Farhadian H., 2020).

Desde un punto de vista más concreto y preciso existen métodos para la estabilidad de un talud:

Método de Equilibrio Límite

El presente método trata en hallar el equilibrio de un cuerpo activo del suelo, mismo que es precisado por una superficie de ruptura circular, poligonal o plana. Dicho método concede que la ruptura se encuentra a lo largo de un mismo plano, mismo que el grupo de elementos de la superficie alcanzan el factor de seguridad $F.S.=1$. Cuando ocurre la ruptura la resistencia al corte que se da a lo largo de la superficie se encuentra movilizadada, al mismo tiempo que el terreno se encuentra en condición estático. Hoy en día el método mencionado se muy utilizado ya que por su simplicidad y asimismo porque los resultados de los factores de seguridad obtenidos se asemejan al real (Gerscovich, 2013).

Los enigmas de la estabilidad de taludes son hiperestáticos, y para realizar su respectivo cálculo es necesario tomar en consideración una secuencia de suposiciones de principio según a los métodos utilizados. Con dichas circunstancias se determinan las ecuaciones de equilibrio existentes en las fuerzas que incitan el desliz y las resistentes. Dichos análisis nos brindan el valor del Factor de Seguridad del talud para el área estudiada, relacionado al extremo entre las fuerzas actuante (Sanhueza, 2013).

- Factor de Seguridad. – La estabilidad de un talud es establecida con el hallazgo del factor de seguridad, el cual se conceptualiza como la correlación que existe entre la resistencia al corte veraz del volumen del suelo y los esfuerzos que se oponen incitando al cizallamiento en un área de falla. El resultado obtenido nos concede determinar el área más probable a que haya contingencia de falla (Mucuta, H., Cartaya, M. y Quesada, R., 2020).

La definición del coeficiente de seguridad o también llamado factor de seguridad, se calcula el choque entre los esfuerzos ocasionados por el desliz y los esfuerzos que se oponen (Valiente, R., Sobrecases, M. y Días A., 2016).

Este es abreviado como F.S. y definido como la fracción entre las características veraces que presenta el talud y las características que pueden originar la falla, mismo que es interpretado por la siguiente formula:

$$FS = \frac{\int \tau \gamma^* ds}{\int \tau^* ds}$$

Donde:

$\tau \gamma$ = Resistencia al corte máximo en la misma área de deslizamiento

τ = Resistencia al corte de desplazamiento en la superficie de deslizamiento

ds = Diferencial de distancia a lo largo del área de desplazamiento

Métodos para la determinación del factor de seguridad

El estudio de estabilidad de taludes procura encontrar el desnivel con significativa altura y fortalecerla para su garantía y evadir las fallas (deslizamiento, volteo, etc). Para un correcto análisis es necesario obtener los siguientes parámetros: detallar la resistencia a la fractura del suelo, plasmar el perfil longitud del talud, elegir el área más crítico

y precisar el coeficiente de seguridad (Mesa, M., Álvarez, J. y Chávez, J., 2020).

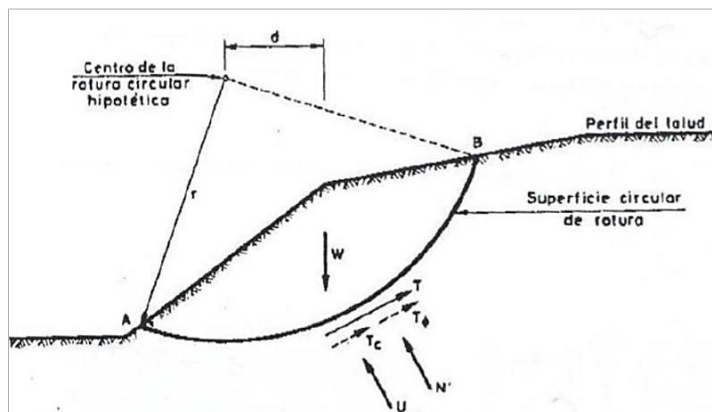
Aquellos métodos más usados para la estabilidad de taludes teniendo una geometría curva son:

- **Métodos de la masa total**

Existente una suposición de rotura de forma circular en dos dimensiones es muy empleada en taludes con una altura finita considerando que no hay un área que se pueda conceptualizar como el área de falla.

El presente método contempla que toda la masa presente se moviliza como si todo fuese uniforme; las fuerzas que se ejercen por encima del área de equilibrio son: la presión intersticial (U), peso (W), tensión normal (N) y la tensión de forma tangencial (T) como se puede apreciar en la Figura. N° 9 (Alonso, 2005).

Figura 9: *Fuerzas ejercidas sobre una superficie de rotura circular.*



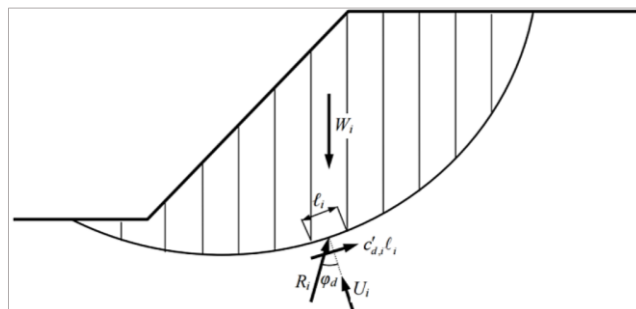
Fuente: Estabilidad de Taludes, Alonso, E., 2005.

- **Métodos de las dovelas**

Según, Alonso (2005) este método mencionado fue planteado teniendo el objetivo de poseer una mayor precisión de cálculo en la obtención del F.S. El método de las dovelas o también llamado rebanadas consta de dividir en rebanadas verticales toda la masa de deslizamiento las mismas que deben cumplir la condición de equilibrio como se muestra en la Figura N° 10. Una de las muchas

ventajas en el uso de este método es que se tiene un mejor fraccionamiento de la distribución de esfuerzos normales por encima de toda el área de deslizamiento.

Figura 10: División de rebanadas para aplicar el equilibrio límite.



Fuente: *Estabilidad de Taludes*, Alonso, E., 2005.

Se sabe que “n” viene a ser el número de dovelas o rebanadas, se tiene las siguientes incógnitas:

Tabla 3: Incógnitas del método de dovelas.

Descripción	Nº de incógnitas
Factor de seguridad (F)	1
Fuerzas efectivas normales en la base (AN'), (la presión de agua, U, es conocida)	n
Posición de la fuerza normal efectiva en cada rebanada (a)	n
Fuerza resistente disponible en la base de cada rebanada ($S = S_r/F$)	n
Fuerzas normales en los bordes laterales (E)	n-1
Fuerzas tangenciales en los bordes laterales (X)	n-1
Localización de los puntos de aplicación de las fuerzas normales en los bordes laterales (y)	n-1
TOTAL	6n-2

Fuente: *Estabilidad de Taludes*, Alonso, E., 2005.

Existe una segunda conjetura el cual tiene relación con las fuerzas que actúan en los bordes de las dovelas y para esta situación varían los métodos entre ellos tenemos: Jambu simplificado, Morgenstern y Price, Spencer y Bishop, cabe mencionar que el ultimo es el más usado (Alonso, 2005).

Método Ordinario de Fellenius (1927)

También conocido como método ordinario, proyecta una superficie de falla circular y está fundamentado en base al equilibrio de fuerzas cuya característica principal deprecia las fuerzas entre “Dovelas”, así mismo equipara las fuerzas, para la masa de suelo deslizado como para “Dovelas” unitarias; dicho método es bastante empleado por su simplicidad, corresponde al grupo de métodos aproximados, se dice que no es adecuado para taludes planos, mismos que tienen presión de poros elevado y que se proporciona de factores de seguridad bajos (Suarez, 2009).

Método Bishop (1955)

Proyecta una superficie de falla circular y está fundamentado en base al equilibrio de momentos cuya característica principal considera a todas las fuerzas cortantes entre “Dovelas” como nulos, con lo cual disminuye el número de variables, cuya respuesta es sobre-determinada por no establecerse condiciones de equilibrio para una “Dovela” (Gercovich, 2013).

Método Jambu (1968)

Simplificado agrupado dentro de la categoría de métodos aproximados, proyecta una superficie de falla de cualquier forma y está fundamentado en base al equilibrio de fuerzas cuya característica principal es similar al método Bishop en donde consideran a todas las fuerzas cortantes entre “Dovelas” como nulos, la respuesta es sobre-dispuesta que no cumple la exigencia de equilibrio de momentos; no obstante, el método incorpora un factor de corrección para reajustar posible error por la consideración asumida, dota de bajos resultados de factor de seguridad (Gercovich, 2013).

Método Spencer (1967)

Este método corresponde a la categoría de métodos rigurosos, proyecta una superficie de falla de cualquier forma y está fundamentado en base al equilibrio de momentos y fuerzas cuya característica principal supone la inclinación de fuerzas laterales es igual para cada rebanada o dovela, acata el equilibrio estático admitiendo que la fuerza resultante (incógnita) entre dovelas la misma tenga una inclinación constante (Pesantez, 2010)

Método Morgenstern-Price (1965)

Proyecta una superficie de falla de cualquier forma y está fundamentado al igual que el método Spencer en base al equilibrio de momentos y fuerzas cuya característica principal supone que las fuerzas de los costados se guían a un sistema preestablecido, mismo que se desiguala por admitir que la inclinación de fuerza resultante entre rebanadas se altera según una función aleatoria (Suarez, 2009).

Cabe señalar que existen otros métodos aparte de los ya mencionados para el cálculo de la estabilidad de taludes como son el método de Sarma, que se considera como la modificación radical respecto al principio fundamental de los ya nombrados con anterioridad, puesto que determina la aceleración horizontal que requiere el cuerpo del suelo para conseguir el equilibrio límite; sin embargo, los métodos ya mencionados son los más empleados en la práctica ingenieril.

Basado en el análisis de los principios y la aplicabilidad de los métodos mencionados para el cálculo de estabilidad de taludes expresado en factor de seguridad ($FS > 1.5$ para condición estática), no existe una regla que recomiende emplear uno u otro de los métodos expuestos ya que dependerá de las características geotécnicas e hidráulicas presentes en la masa de suelo en estudio, expresado en la superficie inclinada conocido como ladera o talud; sin embargo, basado revisión bibliográfica y de las investigaciones podemos mencionar que el método puede ser elegido de acuerdo al tipo de suelo que lo compone el mismo que define

la forma de la superficie de falla, así mismo se puede nombrar dos categorías de métodos, los llamados aproximados (Bishop, Jambu simplificado y Fellenius) y la categoría rigurosos (Spencer, Morgenstern – Price) entre otros; no obstante, la aplicación de dichos métodos han caracterizado resultados con valores altos hallados con el método de Bishop, mientras que por el método de Jambu simplificado y Fellenius se hallaron factores de seguridad bajos y los resultados de los demás métodos se han situado entre estos dos métodos; por otro lado debo mencionar que dichos cálculos son correctamente efectuados analíticamente, sin embargo, existen softwares (aplicación especializada) que cuentan con la incorporación de dichos métodos facilitando así las iteraciones como parte del proceso de cálculo de Factos de Seguridad (FS).

Análisis Pseudo-estático de taludes.

En el presente análisis llamado pseudo-estático, se agrega muy a parte de los elementos de análisis una fuerza horizontal denominado “k” por la carga del elemento. Terzaghi planteo que el empleo de dicha fuerza debería ser justo al medio de cada dovela. Sin embargo, existen otros autores que sugieren usar la fuerza encima del núcleo de las dovelas fundamentándose que la aceleración en dirección de bajo hacia arriba. Este método es idéntico que los demás métodos de equilibrio limite, con la única diferencia que se suman fuerzas horizontales y verticales a causa del sismo (Suarez, 2009).

Tabla 4: *Valores de K sugeridos.*

Coefficiente Sísmico k	Observaciones
0.10	Sismo importante, FS > 1.0.
0.15	Sismo de gran magnitud, FS > 1.0.
0.15 a 0.25	Japón FS > 1.0
0.05 a 0.15	Estado de California
0.10 para $\mu = 6.5$ 0.15 para $\mu = 8.5$	(Seed, 1979) con FS > 1.15
1/3 a 1/2 de la aceleración pico superficial	(Marcuson y Franklin, 1983) FS > 1.0
1/2 de la aceleración pico superficial	(Hynes, Griffin y Franklin, 1984) FS > 1.0 y un 20% de reducción de resistencia.

Fuente: *Deslizamientos Análisis Geotécnico*, Suarez, J., 2009.

Coeficiente Sísmico

Para estimar el coeficiente de diseño sísmico se toma en cuenta la disminución del costo global, dentro de ello el costo inicial previo a la acción sísmica y el costo de egreso causado por el desplazamiento sísmico (García, J., García, E., 2019).

Según la norma peruana CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes (2012) del Reglamento Nacional de Edificaciones, el cual hace mención que para la condición estática se considera un factor de seguridad mínimo de 1.5 y para condición sísmica o también llamado pseudo-estática es de 1.25. Las cargas sísmicas podrían producir problemas de movimientos en todo el talud, ya que un sismo insta a que haya una mayor probabilidad de riesgo de que ocurra geodinámicas externas.

III. METOLOGÍA

Detalla de qué manera se realizan las labores materia de Investigación, el mismo que admite detallar las características de los métodos usados asimismo la validez que poseen los resultados, agregando el conocimiento para captar y probar la amplitud de argumentar sobre los resultados obtenidos de la investigación (Abreu, 2012).

3.1. Tipo y diseño de investigación

- **Enfoque de la Investigación:** La visión de la presente investigación es cuantitativo, mismo que simboliza un grupo de procesos de manera ordenada ya que no se puede llegar a eludir las etapas o pasos que posterior tienden a ser probatorio siguiendo así un orden riguroso (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). En ese sentido; el enfoque de la investigación es el **Cuantitativo** puesto que consiste en la determinación del Factor de Seguridad (F.S.) mediante métodos aproximados (analítico), previo estudio exploratorio de tipo de suelo, topografía y la determinación de flujo de agua subterránea; con lo cual se contrasta la hipótesis planteada y definir la estabilidad o inestabilidad del talud de corte ejecutado en el sector crítico identificado (del km 33+400 al km 33+620) de la carretera en estudio, a partir del cual se rediseña la inclinación adecuada y otras consideraciones técnicas pertinentes.
- **Tipo de Investigación:** Es de manera aplicada, ya que se dará una respuesta precisa y debidamente conceptualizada a un problema planteado y este sean enfocado en las posibilidades empíricas de poner en práctica las teorías utilizadas (Sabino, 1992). En base a la metodología empleada se determina que para esta investigación es de tipo **Aplicativo**, ya que el análisis de resultados con nivel de confiabilidad adecuado se busca corroborar la estabilidad de talud (F.S.) de corte existente en el sector crítico de la carretera.

- **Nivel de Investigación:** El alcance explicativo está enfocado en dar respuesta a los fenómenos de los eventos y efectos físicas o inclusive efectos sociales, prácticamente se centra en dar explicación del por qué sucede una determinada circunstancia y en qué estado se presenta (Hernández et al., 2014).

Según la línea de investigación planteada para el presente caso, corresponde a nivel **Explicativo**, debido que se establece previamente la existencia de la relación y causalidad de variables que determinan la estabilidad de talud de corte, bajo el enfoque analítico.

- **Diseño de Investigación:** En un estudio no experimental es dado de manera empírica y sistemática; dicha investigación realizada se da sin alterar intencionalmente la variable puesto que no se tiene control directo ni se puede influir en ella, prácticamente es observar los acontecimientos ya existentes tal como se da en su entorno de manera natural para posteriormente examinarlos (Hernández et al., 2014).

Según Mertens (2010), señala que una investigación no experimental es adecuada para aquella o aquellas variables que no deben o pueden ser desvirtuadas incluso resulta tedioso hacerlo.

Los diseños de corte transversal o también llamado transeccional hacen referencia a reunir datos en un único y determinado momento, prácticamente el propósito de ello es pormenorizar las variables y examinar su acontecimiento e interacción en un momento dado (Hernández et al., 2014).

De lo expuesto, el diseño de la investigación es **No Experimental** y de corte **Transversal** ya que en la investigación se considera la no manipulación deliberada y control de variables; así mismo los datos se reunirán en un único y determinado momento analizando la relación de estas y así desarrollar el estudio de la estabilidad de un talud de corte de una carretera ejecutada; por lo que las variables se encuentran definidas en ese sentido; sin embargo,

como parte de la solución al problema se rediseña el talud con la finalidad de optimizar la estabilidad de talud de corte adecuada.

3.2. Variables y operacionalización.

- **Variable Independiente**

La variable Independiente es conocida a todo aquel semblante, situación, característica, etc, que se toma en cuenta como la “causa de” en el enlace de variables (Bernal, 2010).

También son consideradas como las consecuencias de señalados efectos (Del Cid, et al., 2011).

La variable independiente de la presente investigación es el **Talud de Corte**, es la Masa de Tierra que presenta una Pendiente, conformado artificialmente correspondiente a la categoría cortes (Suarez, 2009). Asi mismo para ello es necesario la determinación del tipo suelo que conforma el talud, para lo cual es necesario conocer sus propiedades mecánicas (cohesión, ángulo de fricción interna, peso específico natural, específico saturado) mediante el muestreo en campo y posteriormente determinar en laboratorio de suelos.

Es necesario conocer la inclinación del talud, relación (H:V), el mismo que se consigue mediante levantamiento topográfico; con lo cual se establece la planta y perfil longitudinal del sector crítico y posteriormente se obtiene las secciones transversales en base al cual de determina la superficie de falla de la sección más crítica.

Por otro lado, también es importante conocer la existencia del flujo de agua subterránea, en cual se debe determinar la línea de dicho flujo con la finalidad de considerar el peso específico saturado de la masa de suelo identificado dentro de la superficie de falla.

- **Variable Dependiente**

Para Bernal (2010), la Variable Dependiente es la consecuencia o resultado debido al actuación de la variable independiente.

Así mismo, es aquella es aquella que trata de detallarse procediendo con otros componentes, prácticamente es instigada por otro elemento el cual es la Variable Independiente (Del Cid, et al., 2011).

La variable dependiente es la **Condición (Estabilidad o Inestabilidad)**, es Talud Estable, es cuando existe un Equilibrio de las Fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes, entre las cuales es determinante la fuerza de gravedad y es Talud Inestable cuando no existe dicho equilibrio de fuerzas, así mismo la inestabilidad se puede producir al aumento de carga en la parte superior, al removerse en el pie o aumento de la pendiente del talud (Suarez, 2009).

- **Operacionalización de Variables**

Se adjunta la matriz de operacionalización de variables en el Anexo 2.

3.3. Población, muestra, muestreo

- **Población (criterio de selección)**

Hace referencia a la totalidad, prácticamente a los sujetos elegidos y al mismo tema de investigación. Según Bernal (2010), “la población es aquella compilación agregados a un grupo de todos los componentes (calificaciones, seres vivos, mediciones, etc) a evaluar”.

Según Del Cid, Méndez y Sandoval (2011), dicha agrupación es completa, ya que se incluye a todos los componentes que logran o cumplen los rasgos para ser evaluados como son el contenido (son los elementos que cumplen la información requerida), lugar (explica los límites geográficos) y tiempo (es el tiempo donde los sujetos realizan otras especificaciones).

Para el presente tipo de investigación, la población representa la vía en su conjunto, objeto mejoramiento a nivel de asfaltado en

caliente de la Carretera llave – Checca – Mazocruz, corresponde a la ruta nacional PE-38A, trayectoria: Emp: PE-36A (Mazocruz) – Pte. Conduriri – Conduriri – Pte. Untave – Curucuru – Emp. PE-3S (llave) que se desarrolla dentro de la región altiplánica de Puno, actualmente en proceso de ejecución cuya situación es paralizado temporalmente desde octubre 2019.

El proyecto de mejoramiento de la infraestructura vial indicada en el párrafo anterior, en una segunda etapa de intervención fue ejecutada en el tramo Checca – Mazocruz, de 72.9km de longitud, contempla cambios en el alineamiento horizontal y vertical de la carretera existente así como el ensanchamiento de la plataforma existente adecuado a la normativa DG-2014, así mismo considera el reemplazo de cuatro puentes existentes (Llinqui, Untave, Chilligua y Conduriri), los diseños urbanos de los centros poblados de Checca, Sorapa y Conduriri, y los diseños de intersecciones a nivel en el desvío a Juli y en el empalme con la carretera Binacional Ilo – Desaguadero.

En el emplazamiento del trazo mejorado (alineamiento en sentido horizontal y alineamiento en sentido vertical), de acuerdo a la normativa de Diseño Geométrico (DG-2014) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el eje atraviesa en su mayor parte zonas de llanura característica de la zona altiplánica; sin embargo, existen sectores que para respetar los parámetros geométricos (pendientes máximos) generan cortes en taludes altos, los mismos que representan sectores críticos para el tema del presente estudio de investigación de carácter académico.

- **Muestra**

Es aquella sección de la población que se elige, del cual empíricamente se adquiere la información detallada para el desenvolvimiento del estudio y por cual se realizará el cálculo y análisis de la materia a inspeccionar (Bernal, 2010).

En el mejoramiento de la carretera Checca – Mazocruz, como se describe en el párrafo anterior, cuyo trazo se desplaza en zonas corte de taludes altos, al que nosotros denominaremos zonas críticas, hemos seleccionado el sector de longitud de 220m comprendido desde el km 33+400 al km 33+620, donde se presenta un corte cerrado, en cuyo margen izquierdo se observa un talud de corte de altura de 18.77m, en donde además se evidencia la presencia de flujo de aguas subterráneas que al parecer en la etapa de diseño (elaboración del expediente técnico) no consideraron dicho factor, el mismo que vulnera la estabilidad de talud en dicho punto, así mismo se evidencia derrumbes puntuales en la zona en estudio; cabe señalar que el sector crítico elegido para la evaluación de estabilidad de talud, es el tramo donde varia el trazo del eje vial respecto de la existente.

- **Muestreo**

Existen una variedad de tipos de muestreo de los cuales se precisar aquella muestra que se va a estudiar. Para optar por uno u otras clases de muestras dependerá mucho de los objetivos planteados y sobre todo si la referencia que se reunirá es cuantitativo o cualitativo (Del Cid, et al., 2011).

El muestreo No Probabilístico es conocido también como dirigido o no aleatorio. Para llevarlo a cabo es importante tener noción necesaria con relación a los principios a estudiar. El Muestreo por Conveniencia es aquel muestreo por el cual el mismo investigador selecciona la muestra a evaluar de acuerdo a su misma conveniencia. (Del Cid, et al., 2011).

El Muestreo que se optó es el **No probabilístico** del muestreo por **Conveniencia** ya que, se ha tomado el sector más crítico debido al talud de altura superior a 20m, previamente se ha efectuado una inspección física, recorriendo toda la vía en donde se ha podido verificar que la zona de estudio de 220m de longitud del sector del

km 33+400 al km 33+620 es la más crítica en cuanto a estabilidad de taludes se refiere.

- **Unidad de Análisis**

La unidad de análisis para la presente investigación es **Metros (m)** puesto que el talud de corte tiene altura es de 18.77m, localizado en el margen izquierdo de la vía (sector cambio de trazo), en una longitud lineal de 220m, localizado del km 33+400 al km 33+620, de la Carretera Checca – Mazocruz.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Técnica de Recolección de Datos**

Ello implica realizar un plan minucioso de acciones que nos lleven a juntar datos con una misma finalidad (Hernández et al., 2014).

Para Bernal (2010), la recolección de datos es también conocido como trabajo realizado en campo y los datos o información que se va a compilar son la vía por el cual se corroborarán y/o pondrán prueba las hipótesis que se plantearon, asimismo se resolverán las preguntas y sobre todo se alcanzarán los objetivos ocasionados por el problema de investigación.

La técnica empleada ha sido la **recopilación de información por observación** puesto que se realizó la inspección de campo determinando la zona más crítica y la característica geométrica que posee el talud de corte; de la misma forma se obtuvo información sobre los parámetros y propiedades del suelo y el relieve del terreno mediante un levantamiento topográfico; las mismas en mención que poseen sus propias técnicas y herramientas de medición.

- **Instrumentos de Recolección de Datos**

Toda cuantificación o herramienta de obtención de datos debe tener tres requisitos imprescindibles como son: la objetividad, la validez y la confiabilidad (Hernández et al., 2014).

Los instrumentos a utilizar para el presente proyecto de investigación; in situ son: estación total (01), GPS (01), cámara fotográfica, (01) wincha de 50mts, trípode, prisma, herramientas manuales para calicatas y ensayo de mecánica de suelos; en gabinete, cálculos en hoja Excel, planos DWG (ver Anexo 5).

Tabla 5: *Técnicas e instrumentos utilizados.*

VARIABLES	DIMENSIONES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
V. I. Talud de Corte	Propiedades mecánicas de la masa de tierra (estados de suelo, resistencia al corte, flujo de agua)	Estudio de Suelos	DPL y equipos de laboratorio
	Inclinación de la superficie en base a la horizontal	Topografía automatizada o Levantamiento topográfico	Estación total, GPS, otros
V. D. Condición (Estabilidad o Inestabilidad)	Superficie de Falla (curvos)	Analítico	Hoja Excel, AutoCAD Software Slide
	Factor de Seguridad (Estática, pseudo-estática)		
	Propuesta de Solución (técnicas de estabilización)		

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Validez**

La validez hace referencia al nivel en el que un instrumento cuantifica empíricamente aquella variable que se procura medir (Hernández et al., 2014).

A tal mención, el presente proyecto de investigación será revisado y avalado por profesionales y/o expertos del área de la línea de investigación en mención para su respectivo refrendo (ver Anexo 8).

La validación fue dada por medio de juicio de expertos de tres profesionales:

Tabla 6: Juicio de Expertos.

	PROFESIONAL	CARRERA	REG. CIP	ESPECIALIDAD	VALIDEZ
1	Ing. Sergio Efraín Apaza Maquera	Ing. Civil	86940	Esp. En Obras de Infraestructura Vial	95%
2	Ing. Julio Escobedo Arizaca	Ing. Geólogo	90558	Esp. En Suelos y Pavimentos - Geotecnia	95%
3	Bach. Wilfredo Panti Paredes	Topógrafo IGC	-	Topografía	95%
Promedio de Validez					95%

Fuente: *Elaboración propia.*

• **Confiabilidad**

La confiabilidad de un instrumento empleado para el cálculo se trata del grado de su uso reiterado al mismo sujeto o meta genera eficacias iguales (Hernández et al., 2014).

Se afianza la validez y confiabilidad de todo el proceso realizado en el presente proyecto de investigación, dado que se cumplirá en su totalidad todos los procedimientos en campo y gabinete, según los siguientes manuales:

- Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG - 2018).
- Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – 2014 del MTC.
- Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras (EM-2016) del MTC.
- Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para construcción (EG-2013).

3.5. Procedimientos

En el momento de la recaudación de información se realizaron las siguientes actividades:

Información de campo

- ✓ Primeramente, se realizó una breve inspección física de la zona con mayor deslizamiento o inestabilidad.
- ✓ Exploración y determinación del perfil estratigráfico del talud de corte para determinar la homogeneidad de suelos.
- ✓ Se identificó la presencia de nivel, que aflora al pie de talud en un sector y a medio talud en otro punto.
- ✓ Se realizó el levantamiento topográfico del talud de corte (del km 33+400 al km 33+620 de la Carretera Nacional PE-38A), con el uso de 01 GPS para la orientación satelital y obtención de la respectiva coordenadas y 01 estación total para la obtención de los datos del talud de estudio mediante cotas o puntos topográficos para posteriormente procesarlos en gabinete con ayuda del Software Civil 3D, con la finalidad de obtener los planos de planta y perfil longitudinal y secciones transversales del sector en estudio.

Ensayos de Laboratorio

- ✓ Reconocimiento y exploración del suelo conformante del talud, ensayo de DPL para determinar los parámetros de resistencia al corte del suelo, toma de muestra para ensayos en laboratorio como:
 - Clasificación de suelos mediante SUCS y AASHTO.
 - Ensayo de contenido de humedad.
 - Ensayo de Limites de Consistencia o Atterberg.
 - Ensayo de peso específico natural y saturado.
 - Ensayo de cohesión y ángulo de fricción interna (DPL).

Respecto al Factor de Seguridad del talud de corte propuesto para evaluación fueron determinados mediante los métodos aproximados de dovelas como son: Bishop Jambu Simplificado y Fellenius; cabe mencionar, para el estudio de suelo se ha contado con el servicio de un laboratorio especializado, cuyos resultados se adjuntan en el Anexo 7.

En resumen, se realizaron las siguientes etapas:

- Etapa 1: ACTIVIDADES PREVIAS
 - ✓ Recopilación y búsqueda de información.
 - ✓ Visita y reconocimiento de campo.
 - ✓ Identificación de zona crítica (punto de interés).

- Etapa 2: TRABAJOS DE CAMPO
 - ✓ Levantamiento Topográfico, mediante empleo de (01) estación total, (01) GPS, cámara fotográfica, wincha de 50mts.
 - ✓ Calicatas, ensayo de DPL, muestreo de suelos, con herramientas manuales.

- Etapa 3: TRABAJOS DE LABORATORIO DE SUELOS
 - ✓ Ensayos básicos de mecánica de suelos (clasificación, humedad, límites de consistencia).
 - ✓ Establecer los valores de Cohesión, ángulo de fricción interna a través de ensayos DPL (practicada in situ), peso específico natural, peso específico saturado, mediante uso de equipos de laboratorio.

- Etapa 4: TRABAJOS DE GABINETE
 - ✓ Procesamiento de datos en un ordenador (PC).
 - ✓ Software básico (Excel, AutoCAD, etc).
 - ✓ Software Aplicado (Slide V.6).

- Etapa 5: ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS
 - ✓ Interpretación de resultado obtenido, según planteamiento hipótesis.
 - ✓ Recomendaciones técnicas en base a los resultados obtenidos.

3.6. Métodos de análisis de datos

Procesamiento de datos mediante los siguientes softwares:

- **AutoCAD CIVIL 3D**

Luego de haber realizado el levantamiento topográfico del sector en estudio, con los datos obtenidos se procesaron con el uso del programa AutoCAD CIVIL 3D obteniendo así los planos de planta, perfil longitudinal y secciones transversales del sector del km 33+400 al km 33+620 de la carretera PE-38A y mediante la observación en campo se determinó que el margen izquierdo tiene mayor altura y se evidencia derrumbes puntuales.

- **Microsoft Office Excel**

Se exportó datos geométricos del AutoCAD a la hoja de Excel, delimitando la cantidad de dovelas y asignando los datos del estudio de mecánica de suelos como son: la cohesión, ángulo de fricción interna, peso unitario y peso específico) para determinar el Factor de Seguridad por los 3 métodos mencionados).

- **Slide V.6**

Los datos geométricos obtenidos mediante levantamiento topográfico, traducido en planos de secciones transversales y parámetros de resistencia al corte obtenido del estudio de suelos, constituyen datos de entrada al software Slide V.6, cuyos resultados se comparan con lo determinado analíticamente en hoja Excel, con la finalidad de determinar la confiabilidad del resultado para validar los métodos empleados.

3.7. Aspectos éticos

Para la redacción del presente proyecto de investigación se utilizó la normativa APA brindada por la Universidad Cesar Vallejo, la misma que se ve reflejada en citas y referencias. Así mismo los datos adquiridos son dirigidos de la zona de investigación, el análisis granulométrico y los diversos ensayos ya mencionados con anterioridad se han citado como referencia en los anexos los cuales presentan la validación correspondiente.

La investigación busca determinar el nivel estabilidad el talud de corte que ofrece la Carretera Nacional PE-38A en el sector km 33+500, con la finalidad de dotar de seguridad y bienestar a los usuarios transeúntes y vehículos.

Así mismo se agrega el porcentaje (%) de Turnitin aprobado por la Universidad Cesar Vallejo mostrando la autenticidad de la presente investigación (Anexo 9).

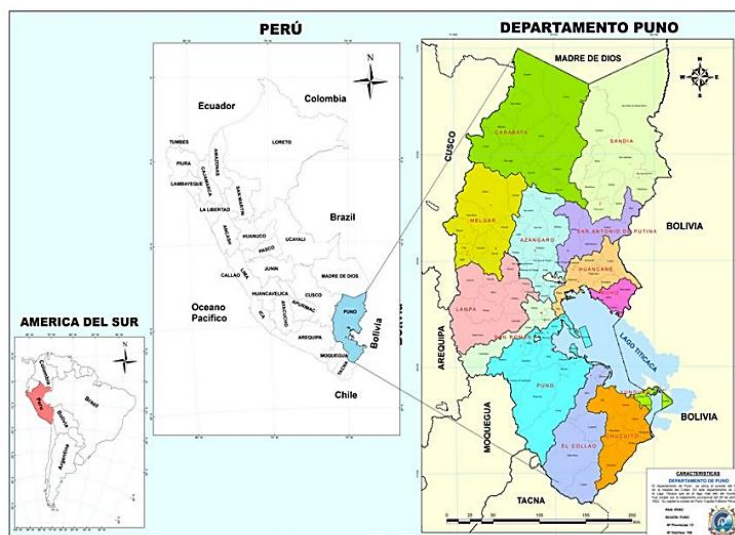
IV. RESULTADOS

4.1. Estudio Topográfico

4.1.1. Generalidades

La zona de interés, en donde se desarrolla el estudio de investigación de evaluación de estabilidad de talud de localiza en:

Figura 11: Mapa político de Puno.



Fuente: *Estudio de uso actual de tierras, Gobierno Regional de Puno, 2015.*

Ubicación Política

Departamento	: Puno
Provincia	: El Collao
Distrito	: Conduriri
Lugar	: Llinqui

Figura 12: Tramo de la Carretera Checa – Mazocruz.



Fuente: *Tramo de la carretera Checa-Mazocruz, por Constructora SanJose, 2018,* (https://constructorasanjose.com/n_SANJOSE-reconstruira-una-carretera-de-73-kilometros-en-Peru-_1185.html).

Figura 13: *Ubicación del Talud de corte km 33+500.*



Fuente: Google Maps (2021).

4.1.2. Extensión y altitud

El tramo del km 33+400 al km 33+620 de 220ml de la carretera Checca – Mazocruz se encuentra en la sierra sur del Perú, cuya altitud promedio es de 3952.8msnm.

4.1.3. Accesibilidad

Terrestre: Lima-Arequipa-Juliaca-Puno: 1324 km (18 horas en automóvil).

Aérea: Vuelos regulares a Juliaca desde Lima (1 hora 45 minutos, con escala en Arequipa) – luego por la ruta Juliaca – Puno – Ilave (2 horas), posteriormente Ilave – Checca – Km 33+500 (45 minutos).

4.1.4. Información geotécnica

El talud de corte del tramo en estudio del presente proyecto de Investigación comprende desde el km 33+400 al km 33+620, en el lugar llamado Llinqui del distrito de Conduriri, provincia de El Collao, Departamento de Puno.

Área de estudio

- Plano referente a la Ubicación (ver Anexos 5).
- Plano topográfico
 - ✓ Uso del área : Infraestructura vial
 - ✓ Obras ejecutadas anteriormente : Si presenta
 - ✓ Taludes de corte : 2 (margen derecho e izquierdo)
 - ✓ Talud de corte crítico : Margen izquierdo
 - ✓ Obras que se vienen ejecutando : No presenta
 - ✓ Zonas de Canales y drenajes : No presenta
 - ✓ Construcciones de seguridad : 2 banquetas
 - ✓ Camino de herradura : Si presenta
 - ✓ Defensa ribereña (Rio Huenque) : No presenta

- Origen del talud

El talud de corte se localiza del km 33+400 al km 33+620 con una longitud de 220 metros lineales, se originó debido a la ejecución de la obra “Mejoramiento de la Carretera Checca – Mazocruz” – actualmente paralizado en la etapa de ejecución desde octubre 2019, la meta física total contempla 72.9 km, dicho proyecto busca mejorar el diseño geométrico para lo cual en algunos sectores modifica el alineamiento horizontal y vertical de la carretera existente.

Figura 14: *Vista del Talud de Corte del km 33+400 al km 33+620 (M.I.)*



Fuente: *Elaboración propia.*

4.2. Estudio de Mecánica de Suelos

En el tramo de estudio se realizaron dos calicatas de 1.00 metros de profundidad cada una, el primero C-1 localizado al pie de talud cuya sección es la más crítica o de mayor altura de corte y la segunda calicata C-2 se ubica en la primera banqueta en una sección con nivel freático alto donde se aprecia derrumbe puntual; en ambas calicatas se realizó la prueba de DPL, luego se muestrea para realizar otros ensayos básicos en laboratorio, para lo cual se ha contado con el servicio de laboratorio especializado de suelo y geotecnia “INGEOPLESCA C&C EIRL” RUC 20448420761, determinándose los siguientes resultados presentados en la tabla 7, dicho estudio se adjunta en el Anexo 6.

Tabla 7: *Resumen de Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos.*

ENSAYOS	C - 1	C - 2
Estrato	E - 01	E - 01
	ML - CL	ML
Clasificación de suelos SUCS	Arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad y arcillas limosas	arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o limos arcillosos con ligera plasticidad.
Clasificación de suelos AASTHO	A – 4 (5)	A – 6 (6)
Contenido de Humedad Natural (%)	12.92	22.26
Límite Líquido (%)	23.26	37.47
Límite Plástico (%)	18.22	27.23
Índice de Plasticidad (%)	5.04	10.24
Ángulo de fricción interno (°)	26.03	24.58
Cohesión (kg/cm²)	0.6	1.3375

Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 15: Aplicación del ensayo DPL.



Fuente: *Elaboración propia.*

4.3. Levantamiento Topográfico

Se efectuó el levantamiento topográfico del talud de corte, trabajo realizado por el topógrafo especializado Wilfredo Panti Paredes, mediante uso de Estación Total marca LEICA debidamente calibrada, formando una poligonal abierta, se secciona cada 10m para toma de puntos en una franja de 50m en una longitud de 250m lineales, obteniéndose 256 puntos topográficos, para la coordenada base se georreferencia mediante GPS.

Figura 16: Levantamiento topográfico con Estación Total, sector km 33+500.



Fuente: *Elaboración propia.*

El Levantamiento topográfico se realizó a lo largo del tramo de interés en aproximadamente 250m en una franja de 50m, para así establecer las características geométricas que posee dicho talud de corte sobre todo en el margen izquierdo, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8: *Medidas del tramo estudiado.*

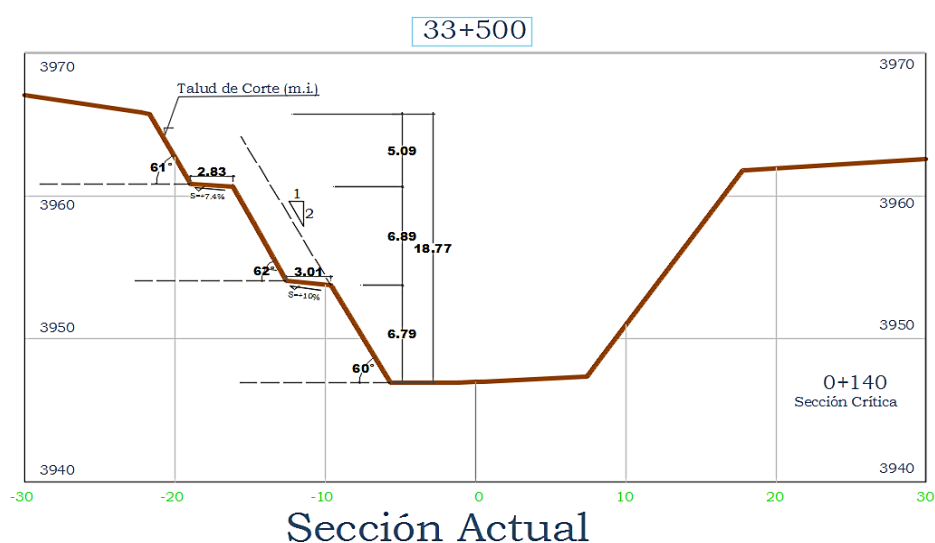
Tramo (km)	Altura (m)	Longitud (m)	Franja (m)
33+400 – 33+620	18.77	220 (+30m)	50m

Fuente: *Elaboración propia.*

Luego de haber obtenido los datos de campo se ingresaron y procesaron en el software AutoCAD Civil 3D (los planos se adjuntan en el Anexo 5) de esta forma se determina las secciones trasversales, eligiéndose como la más crítica la sección de mayor altura, el cual se presenta según detalle Figura N° 17.

El talud de margen izquierda con altura total de 18.77m, presenta (02) banquetas de 3.01m y 2.83m, los cuales se encuentran cortadas a 6.79m y 6.89m de alturas parciales respectivamente, la inclinación de talud promedia es de 60°, cuya relación (V:H) es 2:1.

Figura 17: *Sección Transversal Crítica (punto más alto).*



Fuente: *Elaboración propia.*

En concordancia con el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en la sección 304.10 Taludes, tabla 304.10 muestra valores referenciales de taludes en zonas de corte; en donde para taludes con altura de corte superiores con tipo de material Limo arcilloso o arcilla indica considerar banquetas y/o estudio de taludes; en el presente estudio el talud evaluado tiene una altura superior a 18m; por consiguiente es correcto efectuar un estudio de diseño de talud, lo mencionado se presenta en el siguiente recorte.

Tabla 9: Valores referenciales para taludes de corte.

Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
	5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

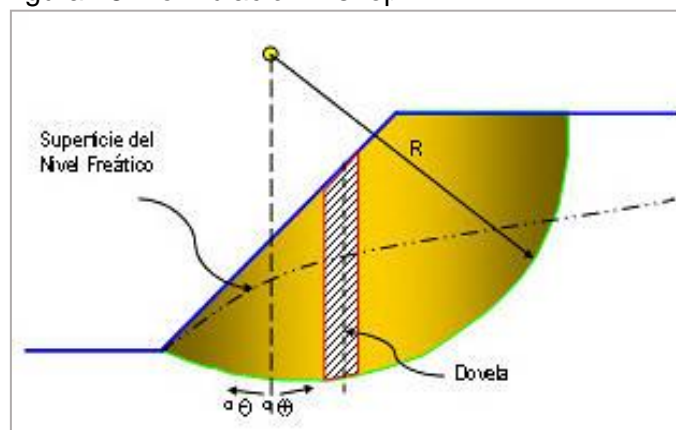
Fuente: Manual de Carreteras DG, 2018.

4.4. Cálculo del Factor de Seguridad (Condición Estática -Método Analítico)

Formulación por Bishop

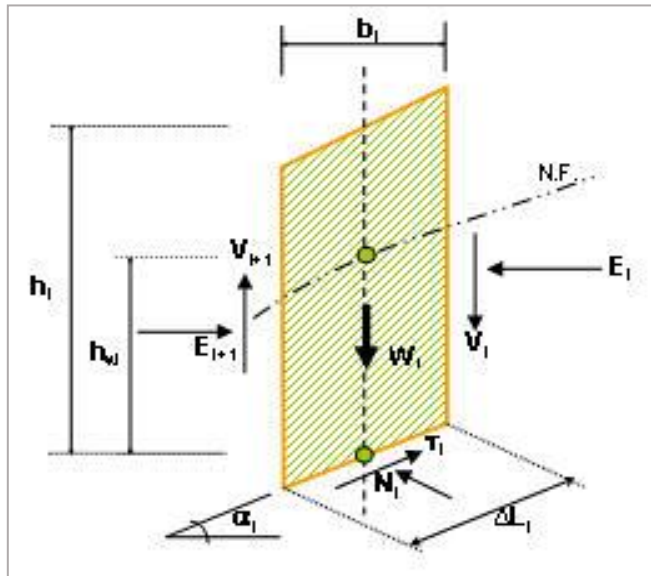
- Fundamento Analítico

Figura 18: Formulación Bishop.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19: Fuerzas actuantes en la dovela – Método de Bishop.



Fuente: *Elaboración propia.*

- Por Equilibrio de la superficie de Falla, el momento de las fuerzas actuantes es igual al momento de fuerzas resistentes respecto al punto "O":

$$T_r(R) - W_i \sin \alpha(R) = 0$$

$$W_i \sin \alpha(R) = T_r(R)$$

$$W_i \sin \alpha = T_r \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Donde: } T_r = T_d(\Delta L_i) \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Pero: } T_d = C_d + \sigma' \tan \phi_d \dots \dots (3)$$

$$\text{Luego: } \sigma' = \frac{F}{A} = \frac{N_r}{\Delta L_i} \Rightarrow \sigma' = \frac{N_r}{\Delta L_i} \dots \dots \dots (4)$$

Reemplazando la Ecuación (4) en la ecuación (3)

$$T_d = C_d + \frac{N_r}{\Delta L_i} \tan \phi_d \dots \dots (5)$$

Reemplazando la Ecuación (5) en la ecuación (2)

$$T_r = \left(C_d + \frac{N_r}{\Delta L_i} \tan \phi_d \right) \Delta L_i \Rightarrow C_d \Delta L_i + \frac{N_r}{\Delta L_i} \Delta L_i \tan \phi_d$$

$$T_r = C_d \Delta L_i + N_r \tan \phi_d \dots \dots \dots (6)$$

Definiendo el Factor de Seguridad (FS), con respecto a la cohesión FS_c y Factor de Seguridad con respecto a la fricción FS_ϕ tenemos:

$$\text{Respecto a la cohesión: } FS_c = \frac{C}{C_d} \Rightarrow C_d = \frac{C}{FS} \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{Respecto a la Fricción: } FS_\phi = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d} \Rightarrow \tan \phi_d = \frac{\tan \phi}{FS} \dots\dots\dots(8)$$

Reemplazando las Ecuaciones (7) y (8) en la ecuación (5) tenemos:

$$T_r = \frac{C}{FS} \Delta L_i + N_r \frac{\tan \phi}{FS} \dots\dots\dots(9)$$

Aplicando Equilibrio de fuerzas verticales en el diagrama de cuerpo libre (fig. FA-02) tenemos:

$$\sum F_v = \sum F_y = 0$$

$$w_i - V_{i+1} + V_i = N_r \cos \alpha + T_r \sin \alpha \Rightarrow w_i + (V_i - V_{i+1}) = N_r \cos \alpha + T_r \sin \alpha \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{Si consideramos: } \Delta V = V_i - V_{i+1}$$

$$\text{El peso efectivo: } w_i = W_i - \mu b \text{ (considerado por la presión intersticial)}$$

Reemplazando los valores considerados anteriormente en la ecuación (10) tenemos:

$$(W_i - \mu b) + \Delta V = N_r \cos \alpha + T_r \sin \alpha \dots\dots\dots(11)$$

Reemplazando la ecuación (9) en la ecuación (11) tenemos:

$$\begin{aligned}
(W_i - \mu b) + \Delta V &= N_r \cos \alpha + \left(\frac{C \Delta L_i}{FS} + \frac{Nr \tan \phi}{FS} \right) \text{sen} \alpha \\
(W_i - \mu b) + \Delta V &= N_r \cos \alpha + \frac{C \Delta L_i \text{sen} \alpha}{FS} + \frac{Nr \tan \phi \text{sen} \alpha}{FS} \\
(W_i - \mu b) + \Delta V &= N_r \left(\cos \alpha + \frac{\text{sen} \alpha \tan \phi}{FS} \right) + \frac{C \Delta L_i \text{sen} \alpha}{FS} \\
N_r \left(\cos \alpha + \frac{\text{sen} \alpha \tan \phi}{FS} \right) &= (W_i - \mu b) + \Delta V - \frac{C \Delta L_i \text{sen} \alpha}{FS} \\
N_r &= \frac{(W_i - \mu b) + \Delta V - \frac{C \Delta L_i \text{sen} \alpha}{FS}}{\left(\cos \alpha + \frac{\text{sen} \alpha \tan \phi}{FS} \right)}
\end{aligned}$$

Si Denominamos: $M_i(\alpha) = \cos \alpha + \frac{\text{sen} \alpha \tan \phi}{FS} \dots\dots\dots(12)$

Entonces:

$$N_r = \frac{(W_i - \mu b) + \Delta V - \frac{C \Delta L_i \text{sen} \alpha}{FS}}{M_i(\alpha)} \dots\dots\dots(13)$$

Reemplazando la ecuación (13) en la ecuación (9) tenemos:

$$\begin{aligned}
T_r &= \frac{C}{FS} \Delta L_i + \left(\frac{(W_i - \mu b) + \Delta V - \frac{C \Delta L_i \text{sen} \alpha}{FS}}{M_i(\alpha)} \right) \frac{\tan \phi}{FS} \\
T_r &= \frac{C}{FS} \Delta L_i + \left(\frac{(W_i - \mu b) + \Delta V - \frac{C \Delta L_i \text{sen} \alpha}{FS}}{M_i(\alpha) FS} \right) \tan \phi \\
T_r &= \frac{C}{FS} \Delta L_i + \left(\frac{(W_i - \mu b) \tan \phi + \Delta V \tan \phi - \frac{C \Delta L_i \text{sen} \alpha \tan \phi}{FS}}{M_i(\alpha) FS} \right) \dots\dots\dots(14)
\end{aligned}$$

De la ecuación (12):

$$M_i(\alpha) = \cos \alpha + \frac{\text{sen} \alpha \tan \phi}{FS} \Rightarrow \frac{\text{sen} \alpha \tan \phi}{FS} = M_i(\alpha) - \cos \alpha \dots\dots\dots(15)$$

Reemplazando la ecuación (15) en la ecuación (14) tenemos:

$$T_r = \frac{C\Delta L_i}{FS} + \left(\frac{(W_i - \mu b) \tan \phi + \Delta V \tan \phi - C\Delta L_i (M_i(\alpha) - \cos \alpha)}{M_i(\alpha) FS} \right)$$

$$T_r = \frac{C\Delta L_i M_i(\alpha) + (W_i - \mu b) \tan \phi + \Delta V \tan \phi - C\Delta L_i (M_i(\alpha) - \cos \alpha)}{M_i(\alpha) FS}$$

$$T_r = \frac{C\Delta L_i M_i(\alpha) + (W_i - \mu b) \tan \phi + \Delta V \tan \phi - C\Delta L_i M_i(\alpha) + C\Delta L_i \cos \alpha}{M_i(\alpha) FS}$$

$$T_r = \frac{(W_i - \mu b) \tan \phi + \Delta V \tan \phi + C\Delta L_i \cos \alpha}{M_i(\alpha) FS} \dots\dots\dots(16)$$

De la figura: $\Delta V = V_i - V_{i+1} = 0$ por ser fuerzas contrarias

$$b = \Delta L_i \cos \alpha \Rightarrow \Delta L_i = \frac{b}{\cos \alpha}$$

Reemplazando los valores deducidos anteriormente en la ecuación (16) tenemos:

$$T_r = \frac{(W_i - \mu b) \tan \phi + C \frac{b}{\cos \alpha} \cos \alpha}{M_i(\alpha) FS} \Rightarrow T_r = \frac{(W_i - \mu b) \tan \phi + Cb}{M_i(\alpha) FS}$$

$$T_r = \frac{Cb + (W_i - \mu b) \tan \phi}{M_i(\alpha) FS} \dots\dots\dots(17)$$

Reemplazando la ecuación (17) en la ecuación (1) tenemos:

$$W_i \sin \alpha = \frac{Cb + (W_i - \mu b) \tan \phi}{M_i(\alpha) FS} \Rightarrow FS = \frac{Cb + (W_i - \mu b) \tan \phi}{W_i \sin \alpha M_i(\alpha)}$$

$$FS = \frac{(Cb + (W_i - \mu b) \tan \phi) \frac{1}{M_i(\alpha)}}{W_i \sin \alpha} \dots\dots\dots(18)$$

Generalizando la Ecuación (18) se tiene el principio demostrado:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [\bar{C} \times b_i + (W_i - \mu \times b_i) \tan \bar{\phi}] \frac{1}{M_i(\alpha)}}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i} \dots\dots\dots(19)$$

$$M_i(\alpha) = \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \alpha}{FS_1}$$

$$\mu = \gamma_w \times h_w$$

Donde:

C = Cohesión (tn/m²)

b_i = Ancho de Dovela i (m)

W_i = Peso de la Dovela i (tn)

μ = Presión Intersticial o Presión de Poros (tn/m²)

ϕ = Angulo de fricción Interna (°)

α_i = Angulo entre la Tangente con la Horizontal (°)

γ_w = Peso Específico del Agua (1tn/m³)

h_w = Altura del Nivel del Agua (m)

FS_1 = Factor de Seguridad Propuesto(1.5)

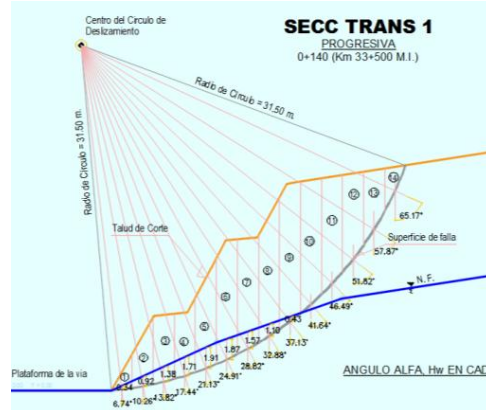
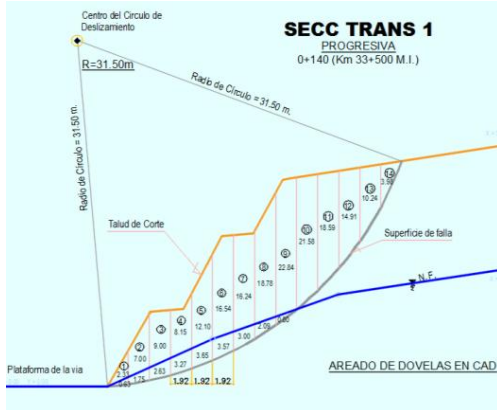
FS = Factor de Seguridad Calculada

CÁLCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES (MÉTODO BISHOP)

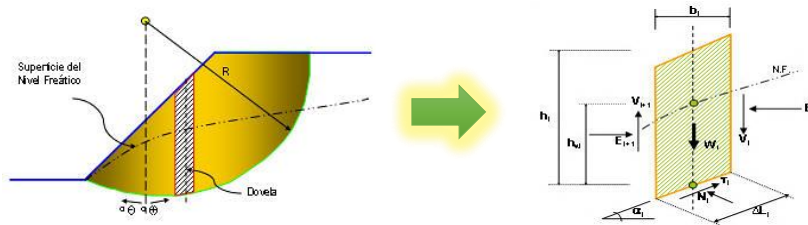
Datos de Cálculo

Parámetro de Resistencia al Corte	Pesos Específicos	Condiciones de Hidrogeológicos
C = 6,000 kg/m ²	Y_{nat} = 1,755 kg/m ³	Si Tiene presión intersticial
Ø = 26.03°	Y_{sat} = 1,892 kg/m ³	Y_w = 1,000 kg/m ³

Talud, Superficie de Falla, Red de Flujo y Dovelas



Análisis de Estabilidad de Talud del Método "BISHOP"



Factor de Estabilidad FS

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\bar{C} \times b_i + (W_i - \mu \times b_i) \tan \bar{\phi} \right] \frac{1}{M_i(\alpha)}}{\sum_{i=1}^n W_i \text{sen} \alpha_i}$$

$$M_i(\alpha) = \cos \alpha + \frac{\text{sen} \alpha \tan \alpha}{FS_1}$$

$$\mu = \gamma_w \times h_w$$

Donde:

- C = Cohesión (tn/m²)
- b_i = Ancho de Dovelas i (m)
- W_i = Peso de la Dovelas i (tn)
- μ = Presión Intersticial o Presión de Poros (tn/m²)
- φ = Ángulo de fricción Interna (°)
- α_i = Ángulo entre la Tangente con la Horizontal (°)
- γ_w = Peso Específico del Agua (1tn/m³)
- h_w = Altura del Nivel del Agua (m)
- FS₁ = Factor de Seguridad Propuesto (1.5)
- FS = Factor de Seguridad Calculada

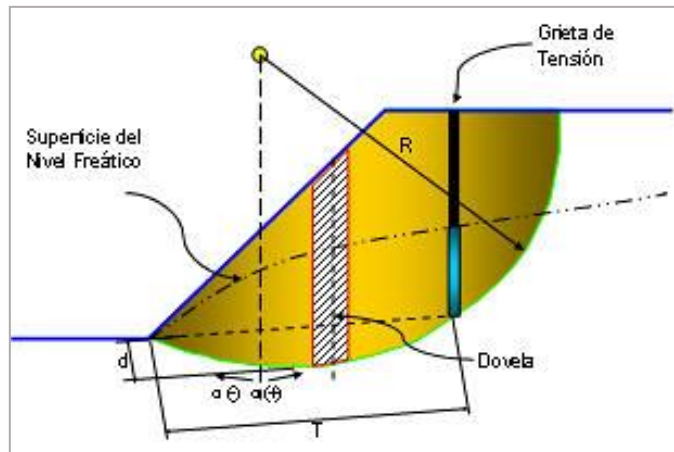
Cálculo de Factor de Estabilidad del Talud por el Método de Bishop

Factor de Seguridad Arbitrario (FS1) =				1.817						
Número	Ancho "b" (M)	Area s/NF (M2)	Area c/NF (M2)	Peso "W" (Kg)	Ángulo (α°)	Altura NF "hw" (M)	Presión "μ" (Kg/M2)	Mi (α)	Mr	T (Wsenα)
1	1.92	2.33	0.63	5,281.11	6.74	0.34	340.00	1.02	13,420.60	619.81
2	1.92	7.00	1.75	15,596.00	10.26	0.92	920.00	1.03	17,682.56	2,777.89
3	1.92	9.00	2.63	20,770.96	13.82	1.38	1,380.00	1.04	19,650.69	4,961.61
4	1.92	8.15	3.27	20,490.09	17.44	1.71	1,710.00	1.03	19,232.48	6,141.02
5	1.92	12.10	3.65	28,141.30	21.13	1.91	1,910.00	1.03	22,771.98	10,144.52
6	1.92	16.54	3.57	35,782.14	24.91	1.87	1,870.00	1.02	26,678.01	15,071.23
7	1.92	16.24	3.00	34,177.20	28.82	1.57	1,570.00	1.01	26,561.53	16,475.45
8	1.92	18.78	2.09	36,913.18	32.88	1.10	1,100.00	0.99	28,901.42	20,039.48
9	1.92	22.84	0.80	41,597.80	37.13	0.43	430.00	0.96	32,728.49	25,109.49
10	1.92	21.58	0.00	37,872.90	41.64	0.00	0.00	0.93	32,385.26	25,164.58
11	1.92	18.59	0.00	32,625.45	46.49	0.00	0.00	0.88	31,042.66	23,661.75
12	1.92	14.91	0.00	26,167.05	51.82	0.00	0.00	0.83	29,260.87	20,569.20
13	1.92	10.24	0.00	17,971.20	57.87	0.00	0.00	0.76	26,685.78	15,218.80
14	1.92	3.98	0.00	6,984.90	65.17	0.00	0.00	0.66	22,446.28	6,339.20
SUMATORIA									349,448.62	192,294.02
Factor de Seguridad									1.817	

FORMULACIÓN POR JANBU SIMPLIFICADO

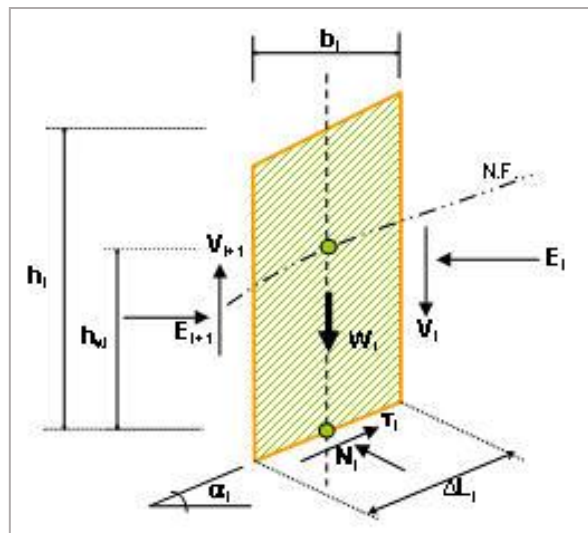
- Fundamento Analítico

Figura 20: *Formulación Jambu Simplificado.*



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 21: *Fuerzas actuantes en dovela – Método Jambu Simplificado.*



Fuente: *Elaboración propia.*

- Aplicando Equilibrio de fuerzas en la dirección x' en el diagrama de cuerpo libre (Figura N° 21) tenemos:

$$T_r + (E_{i+1} - E_i) \cos \alpha - W_r \sin \alpha - (V_{i+1} + V_i) \sin \alpha = 0$$

De la figura: $(\Delta E = E_i - E_{i+1} = 0)$ y $(\Delta V = V_i - V_{i+1} = 0)$ por ser fuerzas contrarias, entonces:

$$T_r - W_r \sin \alpha = 0 \Rightarrow W_r \sin \alpha - T_r = 0 \dots \dots \dots (1)$$

Se sabe que: $FS = \frac{S_i \Delta L_i}{W_i \sin \alpha} \dots \dots \dots (2)$

Dónde: “S” es el esfuerzo resistente al cortante: $S = C + \bar{\sigma} \tan \phi$; en el cual la presión efectiva ($\bar{\sigma}$), es igual a la presión total menos la presión de poro o presión intersticial (μ), entonces:

$$\Rightarrow S = C + \left(\frac{N}{\Delta L_i} - \mu \right) \tan \phi \dots \dots \dots (3)$$

Reemplazando $T_r = \sin \alpha$ y la ecuación (3) en la ecuación (2)

$$T_r = \frac{C \Delta L_i}{FS} + \frac{(N - \mu \Delta L_i) \tan \phi}{FS} \dots \dots \dots (4)$$

Aplicando Equilibrio de fuerzas verticales en el diagrama de cuerpo libre (fig. FA-04) tenemos:

$$\sum F_v = \sum F_y = 0$$

$$N \cos \alpha + T_r \sin \alpha = W_i \dots \dots \dots (5)$$

Reemplazando la ecuación (4) en la ecuación (5) se tiene:

$$W_i = N \cos \alpha + \left(\frac{C \Delta L_i}{FS} + \frac{(N - \mu \Delta L_i) \tan \phi}{FS} \right) \sin \alpha \Rightarrow N = \frac{W_i - \frac{C \Delta L_i \sin \alpha}{FS} + \frac{\mu \Delta L_i \sin \alpha \tan \phi}{FS}}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi}{FS}}$$

$$\text{Si Denominamos: } M_i(\alpha) = \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi}{FS} \dots \dots \dots (6)$$

Entonces:

$$N = \frac{W_i - \frac{C \Delta L_i \sin \alpha}{FS} + \frac{\mu \Delta L_i \sin \alpha \tan \phi}{FS}}{M_i(\alpha)} \dots \dots \dots (7)$$

Reemplazando la ecuación (4) en la ecuación (1) se tiene:

$$0 = W_i \sin \alpha FS - C \Delta L_i - (N - \mu \Delta L_i) \tan \phi$$

Dividiendo entre ($\cos \alpha$) a ambos miembros tenemos:

$$W_i \tan \alpha FS = \frac{C \Delta L_i}{\cos \alpha} + \frac{(N - \mu \Delta L_i) \tan \phi}{\cos \alpha} \dots \dots \dots (8)$$

Reemplazando la ecuación (7) en la ecuación (8) se tiene:

$$W_i \tan \alpha FS = \frac{C \Delta L_i}{\cos \alpha} + \left(\frac{W_i}{M_i(\alpha) \cos \alpha} - \frac{C \Delta L_i \sin \alpha}{M_i(\alpha) \cos \alpha FS} + \frac{\mu \Delta L_i \sin \alpha \tan \phi}{M_i(\alpha) \cos \alpha FS} - \frac{\mu \Delta L_i}{\cos \alpha} \right) \tan \phi$$

$$\text{Si denominamos: } n_i(\alpha) = M_i \cos \alpha \dots \dots \dots (9)$$

Reemplazando tenemos:

$$W_i \tan \alpha FS = \frac{C \Delta L_i}{\cos \alpha} + \left(\frac{W_i}{n_i(\alpha)} - \frac{C \Delta L_i \sin \alpha}{n_i(\alpha) FS} + \frac{\mu \Delta L_i \sin \alpha \tan \phi}{n_i(\alpha) FS} - \frac{\mu \Delta L_i}{\cos \alpha} \right) \tan \phi \dots \dots \dots (10)$$

Reemplazando: $\Delta L_i = \frac{b}{\cos \alpha}$ en la ecuación (10) se tiene:

$$W_i \tan \alpha FS = Cb \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{\tan \alpha \tan \phi}{n_i(\alpha) FS} \right) + \mu b \left(\frac{\tan \alpha \tan^2 \phi}{n_i(\alpha) FS} - \frac{\tan \phi}{\cos^2 \alpha} \right) + \frac{W_i \tan \phi}{n_i(\alpha)} \dots \dots \dots (11)$$

Reemplazando la ecuación (6) en la ecuación (9) se tiene:

$$n_i(\alpha) = \left(\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi}{FS} \right) \cos \alpha \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{n_i(\alpha) FS}{FS + \tan \alpha \tan \phi} \dots \dots \dots (12)$$

Dividiendo ambos miembros de la ecuación (12) entre 1 se tiene:

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{FS + \tan \alpha \tan \phi}{n_i(\alpha) FS} \dots \dots \dots (13)$$

Dividiendo ambos miembros de la ecuación (12) entre $(\tan \phi)$ se tiene:

$$\frac{\tan \phi}{\cos^2 \alpha} = \frac{FS \tan \phi + \tan \alpha \tan^2 \phi}{n_i(\alpha) FS} \dots \dots \dots (14)$$

Reemplazando las ecuaciones (13) y (14) en la ecuación (11) se tiene:

$$W_i \tan \alpha FS = Cb \left(\frac{FS + \tan \alpha \tan \phi}{n_i(\alpha) FS} - \frac{\tan \alpha \tan \phi}{n_i(\alpha) FS} \right) + \mu b \left(\frac{\tan \alpha \tan^2 \phi}{n_i(\alpha) FS} - \frac{FS \tan \phi + \tan \alpha \tan^2 \phi}{n_i(\alpha) FS} \right) + \frac{W_i \tan \phi}{n_i(\alpha)}$$

$$FS = \frac{[Cb + (W_i - \mu b) \tan \phi] \frac{1}{n_i(\alpha)}}{W_i \tan \alpha} \dots \dots \dots (15)$$

Generalizando la Ecuación (15) se tiene:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [\bar{C} \times b_i + (W_i - \mu \times b_i) \tan \bar{\phi}] \frac{1}{n_i(\alpha)}}{\sum_{i=1}^n W_i \tan \alpha_i} \dots \dots \dots (16)$$

Aplicando el Factor de Corrección (f_o) a la Ecuación (16) obtenemos el Factor de Seguridad final dado por “JANBU”:

$$FS = \frac{f_o \sum_{i=1}^n [\bar{C} \times b_i + (W_i - \mu \times b_i) \tan \bar{\phi}] \frac{1}{n_i(\alpha)}}{\sum_{i=1}^n W_i \tan \alpha_i} \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

$$f_o = 1 + k \left[\frac{d}{T} - 1.4 \left(\frac{d}{T} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (18)$$

Para los valores de parámetros de resistencia al cortante “k” toma los siguientes valores:

Para cohesión (\bar{C}) = 0 – k=0.31

Para cohesión (\bar{C}) > 0 y Ángulo de Fricción ($\bar{\phi}$) > 0: – k=0.50

Los valores de “d” y “T”, son distancias indicadas en la Figura 18.

$$n_i(\alpha) = M_i(\alpha) \times \cos \alpha$$

$$M_i(\alpha) = \cos \alpha_i + \frac{\sin \alpha_i \tan \phi}{FS_1}$$

$$\mu = \gamma_w \times h_w$$

Donde:

f_o = Factor de Corrección

k = Coeficiente de Factor de Corrección

C = Cohesión (tn/m²)

b_i = Ancho de Dovela i (m)

W_i = Peso de la Dovela i (tn)

μ = Presión Intersticial o Presión de Poro (tn/m²)

ϕ = Angulo de Fricción Interna (°)

α_i = Angulo entre la Tangente con la Horizontal (°)

γ_w = Peso Específico del Agua (1 tn/m³)

h_w = Altura del Nivel del Agua (m)

FS_1 = Factor de Seguridad Propuesto (1.5)

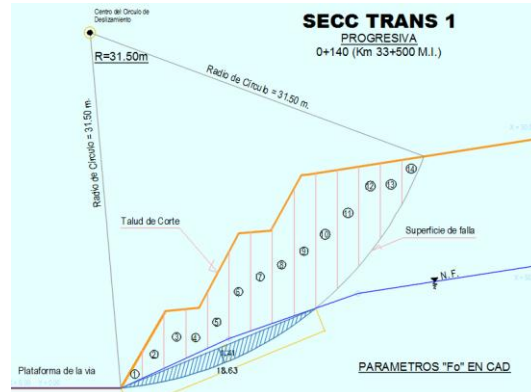
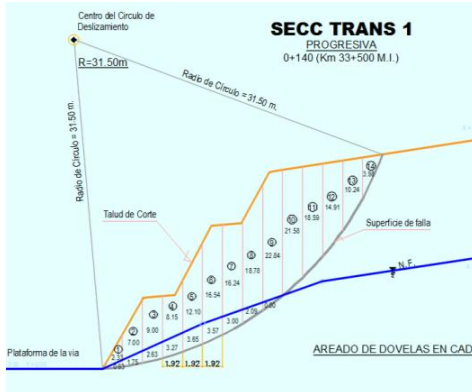
FS = Factor de Seguridad Calculada

CÁLCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES (MÉTODO JAMBU SIMPLIFICADO)

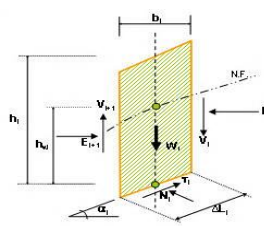
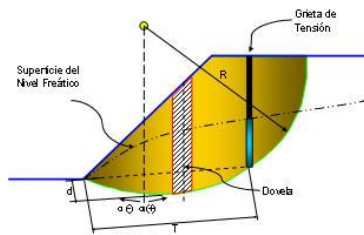
Datos de Cálculo

Parámetro de Resistencia al Corte	Pesos Específicos	Condiciones de Hidrogeológicas
$C = 6,000 \text{ kg/m}^2$	$\gamma_{\text{nat}} = 1,755 \text{ kg/m}^3$	Si Tiene presión intersticial
$\phi = 26.03^\circ$	$\gamma_{\text{sat}} = 1,892 \text{ kg/m}^3$	$\gamma_w = 1,000 \text{ kg/m}^3$

Talud, Superficie de Falla, Red de Flujo y Dovelas



Análisis de Estabilidad de Talud del Método "JAMBU"



Factor de Estabilidad FS

$$FS = \frac{f_0 \sum_{i=1}^n \left[\bar{C} \times b_i + (W_i - \mu \times b_i) \tan \bar{\phi} \right] \frac{1}{n_i(\alpha)}}{\sum_{i=1}^n W_i \tan \alpha_i}$$

$$n_i(\alpha) = M_i(\alpha) \times \cos \alpha$$

$$M_i(\alpha) = \cos \alpha_i + \frac{\sin \alpha_i \tan \phi}{FS_1}$$

$$\mu = \gamma_w \times h_w$$

Donde:

f_0 = Factor de Corrección
 k = Coeficiente de Factor de Corrección
 C = Cohesión (tn/m²)
 b_i = Ancho de Dovela i (m)
 W_i = Peso de la Dovela i (tn)
 μ = Presión Intersticial o Presión de Poro (tn/m²)

ϕ = Ángulo de Fricción Interna (°)
 α_i = Ángulo entre la Tangente con la Horizontal (°)
 γ_w = Peso Específico del Agua (1 tn/m³)
 h_w = Altura del Nivel del Agua (m)
 FS_1 = Factor de Seguridad Propuesto (1.5)
 FS = Factor de Seguridad Calculada

Cálculo de Factor de Estabilidad del Talud por el Método de Jambu

Factor de Seguridad Arbitrario (FS1) = **1.871**

Número	Ancho "b" (M)	Area s/NF (M2)	Area c/NF (M2)	Peso "W" (Kg)	Ángulo (α°)	Altura NF "hw" (M)	Presión "μ" (Kg/M2)	Mi (α)	ni (α)	S	W tana
1	1.92	2.33	0.63	5,281.11	6.74	0.34	340.00	1.02	1.02	13,526.01	624.13
2	1.92	7.00	1.75	15,596.00	10.26	0.92	920.00	1.03	1.01	17,994.00	2,823.03
3	1.92	9.00	2.63	20,770.96	13.82	1.38	1,380.00	1.03	1.00	20,272.80	5,109.53
4	1.92	8.15	3.27	20,490.09	17.44	1.71	1,710.00	1.03	0.98	20,204.58	6,436.92
5	1.92	12.10	3.65	28,141.30	21.13	1.91	1,910.00	1.03	0.96	24,479.91	10,875.76
6	1.92	16.54	3.57	35,782.14	24.91	1.87	1,870.00	1.02	0.92	29,508.93	16,617.11
7	1.92	16.24	3.00	34,177.20	28.82	1.57	1,570.00	1.00	0.88	30,429.73	18,804.61
8	1.92	18.78	2.09	36,913.18	32.88	1.10	1,100.00	0.98	0.82	34,561.92	23,861.93
9	1.92	22.84	0.80	41,597.80	37.13	0.43	430.00	0.95	0.76	41,252.13	31,494.42
10	1.92	21.58	0.00	37,872.90	41.64	0.00	0.00	0.92	0.69	43,576.94	33,672.45
11	1.92	18.59	0.00	32,625.45	46.49	0.00	0.00	0.88	0.60	45,377.61	34,368.04
12	1.92	14.91	0.00	26,167.05	51.82	0.00	0.00	0.82	0.51	47,688.02	33,276.28
13	1.92	10.24	0.00	17,971.20	57.87	0.00	0.00	0.75	0.40	50,613.96	28,615.25
14	1.92	3.98	0.00	6,984.90	65.17	0.00	0.00	0.66	0.28	54,025.74	15,095.95
SUMATORIA										473,512.28	261,675.39
Factor de Seguridad										1.871	

FACTOR DE CORRECCION "fo"

Donde:

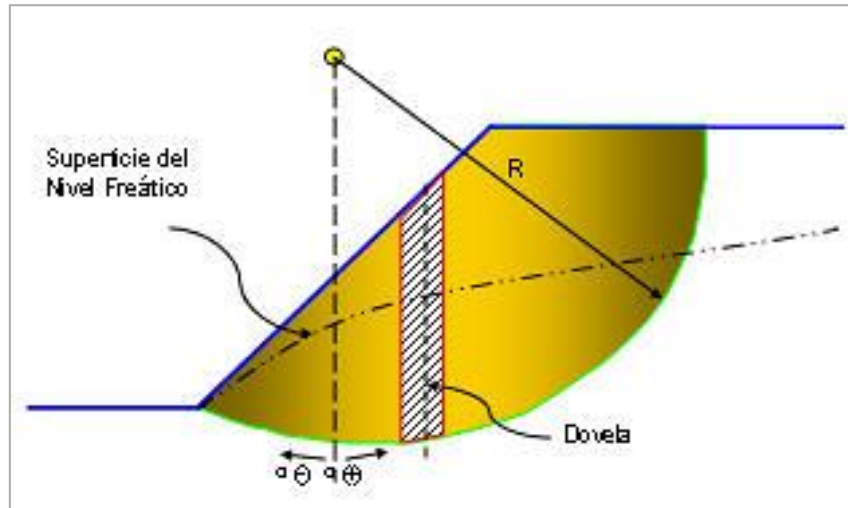
$d = 1.41 \text{ m}$
 $T = 18.63 \text{ m}$
 $k = 0.5$

$$fo = 1.034$$

FORMULACIÓN POR ORDINARIO FELLENIOUS

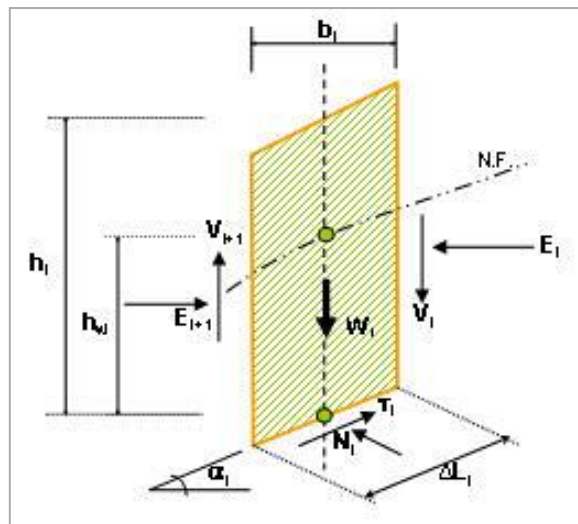
- Fundamento Analítico

Figura 22: *Formulación Ordinario Fellenius.*



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 23: *Fuerzas actuantes en la dovela – Método Ordinario Fellenius.*



Fuente: *Elaboración propia.*

- Desarrollo de la fórmula:

MOMENTO ACTUANTE

Por trigonometría se sabe que:

$$\sin \alpha = \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Hipotenusa}} \dots\dots\dots(1)$$

Entonces reemplazando sería:

$$\sin \alpha = \frac{\text{distancia (d)}}{\text{radio (r)}}$$

Despejando quedaría:

$$d = r \cdot \sin \alpha$$

Por consiguiente:

$$\text{Momento Actuante} = W \cdot (r \cdot \sin \alpha) \dots\dots\dots(2)$$

MOMENTO RESISTENTE

Usando la ecuación (1) se tiene:

$$\sin \alpha = \frac{\text{fuerza resultante (fr)}}{\text{peso (W)}}$$

Despejando quedaría:

$$fr = W \cdot (\sin \alpha)$$

Asimismo, usando coseno se tiene:

$$\cos \alpha = \frac{Nr}{W}$$

Despejando nos queda:

$$Nr = W(\cos \alpha) \dots\dots\dots(3)$$

Se tiene la ecuación de esfuerzo:

$$\tau = \frac{fr}{A} \dots\dots\dots(4)$$

Despejando la ecuación (4) se tiene:

$$fr = \tau \cdot A \dots\dots\dots(5)$$

Usando la ecuación de la resistencia al corte de Coulomb:

$$\tau = C + \sigma \cdot \tan \phi \dots\dots\dots(6)$$

Reemplazando la ecuación (6) en la ecuación (5)

$$\sigma = \frac{W \cdot \cos \alpha}{\Delta l} - \mu \dots\dots\dots(7)$$

Teniendo en cuenta que el esfuerzo efectivo es:

$$\sigma = \frac{W \cdot \cos \alpha}{\Delta l} - \mu \dots\dots\dots(8)$$

Reemplazando la ecuación (8) en la ecuación (5):

$$fr = \left[C + \left(\frac{W \cdot \cos \alpha}{\Delta l} - \mu \right) \cdot \tan \phi \right] \cdot (\Delta l \cdot 1)$$

$$fr = \left[C + \left(\frac{W \cdot \cos \alpha}{\Delta l} \cdot \tan \phi - \mu \cdot \tan \phi \right) \right] \cdot (\Delta l \cdot 1)$$

$$fr = \left[C + \left(\frac{W \cdot \cos \alpha}{\Delta l} \cdot \tan \phi - \mu \cdot \tan \phi \right) \right] \cdot (\Delta l \cdot 1)$$

$$fr = \left[C \cdot (\Delta l \cdot 1) + \left(\frac{W \cdot \cos \alpha}{\Delta l} \cdot \tan \phi \cdot (b \cdot 1) - \mu \cdot \tan \phi \cdot (\Delta l \cdot 1) \right) \right]$$

$$fr = \left[C \cdot \Delta l + (W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi - \mu \cdot \tan \phi \cdot \Delta l) \right] \dots\dots\dots(9)$$

Se sabe que:

$$M = f \cdot d \dots\dots\dots(10)$$

Reemplazando la ecuación (9) en la ecuación (10):

$$Mr = \left[C \cdot \Delta l + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi - \mu \cdot \tan \phi \cdot \Delta l \right] \cdot [r]$$

Además, que el Factor de Seguridad es:

$$FS = \frac{\text{Momento Resistente}}{\text{Momento Actante}} \dots\dots\dots(11)$$

Reemplazando la ecuación (10) y la ecuación (2) en la ecuación (11).

$$FS = \frac{(C \cdot \Delta l + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi - \mu \cdot \tan \phi \cdot \Delta l) \cdot (r)}{W \cdot r \cdot \operatorname{sen} \alpha}$$

Simplificando las (r) se tiene:

$$F_s = \frac{C.\Delta l + W.\cos\alpha.\tan\phi - \tan\phi.\mu.\Delta l}{W.\sin\alpha}$$

$$F_s = \frac{C.\Delta l + \tan\phi(W.\cos\alpha - \mu.\Delta l)}{W.\sin\alpha} \dots\dots\dots(12)$$

Generalizando la ecuación (12) se tiene el principio demostrado

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n C.\frac{b}{\cos\alpha} + \tan\phi(W.\cos\alpha - \mu.\frac{b}{\cos\alpha})}{\sum_{i=1}^n W.\sin\alpha} \dots\dots\dots(13)$$

Se sabe que:

$$\Delta l = \frac{b}{\cos\alpha}$$

Donde:

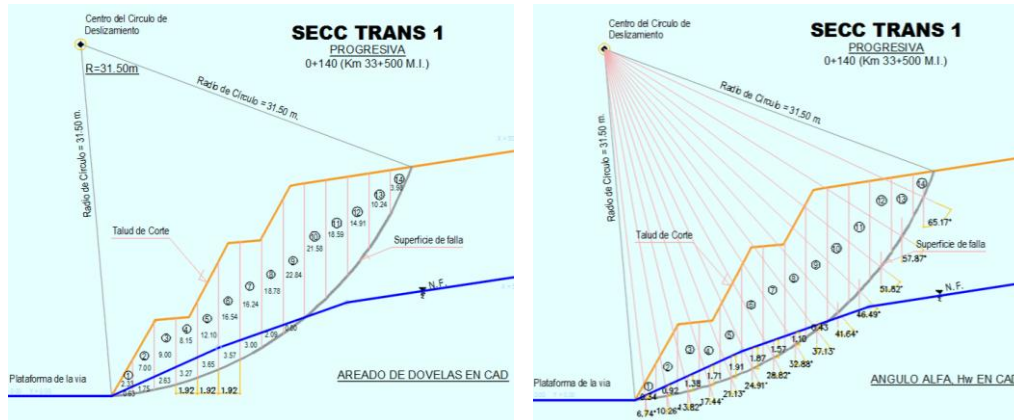
- C = Cohesion (tn/m²)
- Δl = Distancia Inclínada (m)
- b = Ancho de la Dovela (m)
- W = Peso de la Dovela (tn)
- μ = Presión Intersticial o Presión de Poro (tn/m²)
- ϕ = Angulo de Fricción Interna (°)
- α = Angulo entre la tangente con la Horizontal (°)

CÁLCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES (MÉTODO FELLENIUS)

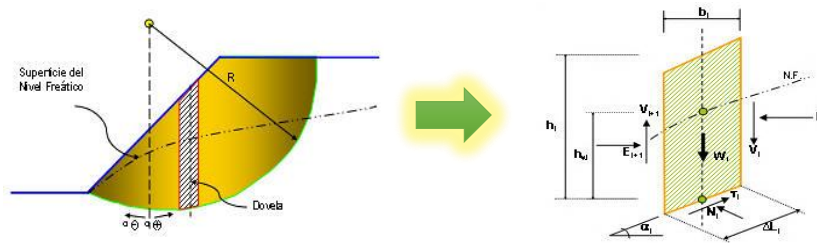
Datos de Cálculo

Parámetro de Resistencia al Corte	Pesos Específicos	Condiciones de Hidrogeológicas
C = 6,000 kg/m ²	γ_{nat} = 1,755 kg/m ³	Si Tiene presión intersticial
Ø = 26.03°	γ_{sat} = 1,892 kg/m ³	γ_w = 1,000 kg/m ³

Talud, Superficie de Falla, Red de Flujo y Dovelas



Análisis de Estabilidad de Talud del Método "FELLENIUS"



Factor de Estabilidad FS

$$F_S = \frac{\sum_{i=1}^n C \cdot \frac{b}{\cos \alpha} + \tan \phi (W \cdot \cos \alpha - \mu \cdot \frac{b}{\cos \alpha})}{\sum_{i=1}^n W \cdot \sin \alpha}$$

$$\Delta l = \frac{b}{\cos \alpha}$$

Donde:

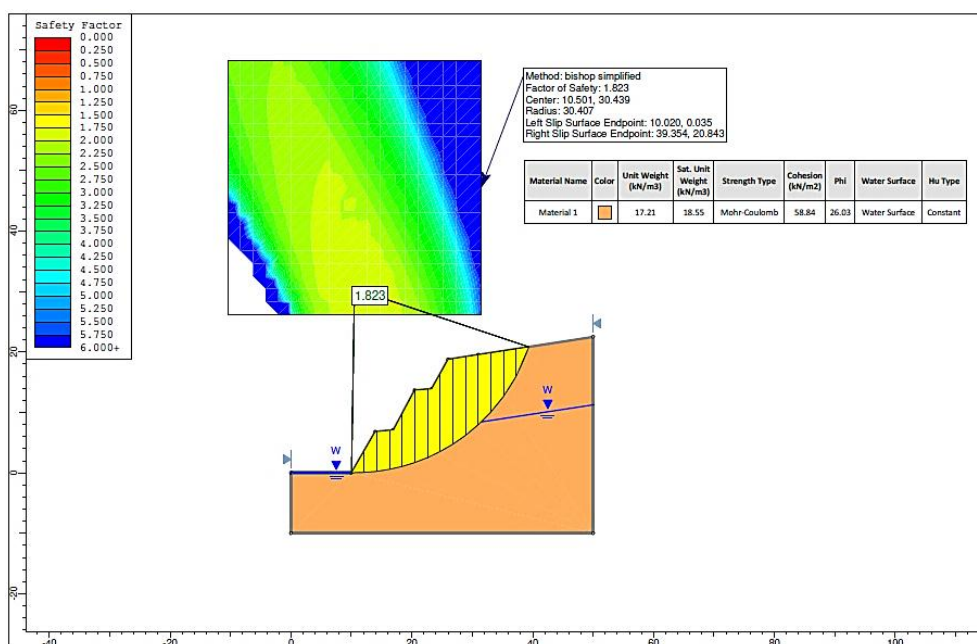
C = Cohesion (tn/m²)
Δl = Distancia Inclínada (m)
b = Ancho de la Dovela (m)
W = Peso de la Dovela (tn)
μ = Presión Intersticial o Presión de Poro (tn/m²)
φ = Angulo de Fricción Interna (°)
α = Angulo entre la tangente con la Horizontal (°)

Cálculo de Factor de Estabilidad del Talud por el Método de Fellenius

Número	Ancho "b" (M)	Area s/NF (M2)	Area c/NF (M2)	Peso "W" (Kg)	Ángulo (α°)	Altura NF "hw" (M)	Presión "μ" (Kg/M2)	Mr	T (Wsenα)
1	1.92	2.33	0.63	5,281.11	6.74	0.34	340.00	13,813.34	619.81
2	1.92	7.00	1.75	15,596.00	10.26	0.92	920.00	18,311.28	2,777.89
3	1.92	9.00	2.63	20,770.96	13.82	1.38	1,380.00	20,392.37	4,961.61
4	1.92	8.15	3.27	20,490.09	17.44	1.71	1,710.00	19,991.31	6,141.02
5	1.92	12.10	3.65	28,141.30	21.13	1.91	1,910.00	23,351.51	10,144.52
6	1.92	16.54	3.57	35,782.14	24.91	1.87	1,870.00	26,769.23	15,071.23
7	1.92	16.24	3.00	34,177.20	28.82	1.57	1,570.00	26,270.08	16,475.45
8	1.92	18.78	2.09	36,913.18	32.88	1.10	1,100.00	27,792.73	20,039.48
9	1.92	22.84	0.80	41,597.80	37.13	0.43	430.00	30,206.51	25,109.49
10	1.92	21.58	0.00	37,872.90	41.64	0.00	0.00	29,197.64	25,164.58
11	1.92	18.59	0.00	32,625.45	46.49	0.00	0.00	27,658.93	23,661.75
12	1.92	14.91	0.00	26,167.05	51.82	0.00	0.00	26,487.64	20,569.20
13	1.92	10.24	0.00	17,971.20	57.87	0.00	0.00	26,272.02	15,218.80
14	1.92	3.98	0.00	6,984.90	65.17	0.00	0.00	28,794.37	6,339.20
SUMATORIA								345,308.97	192,294.02
Factor de Seguridad								1.796	

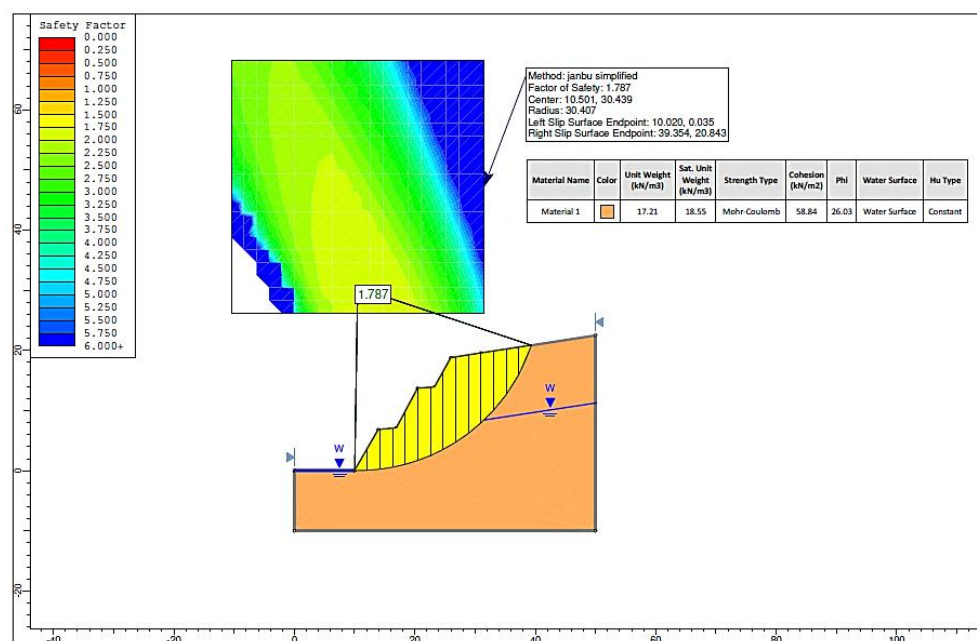
4.5. Cálculo del Factor de Seguridad (Condición Estática – Software Slide)

Figura 24: Condición Estática – Bishop (Slide).



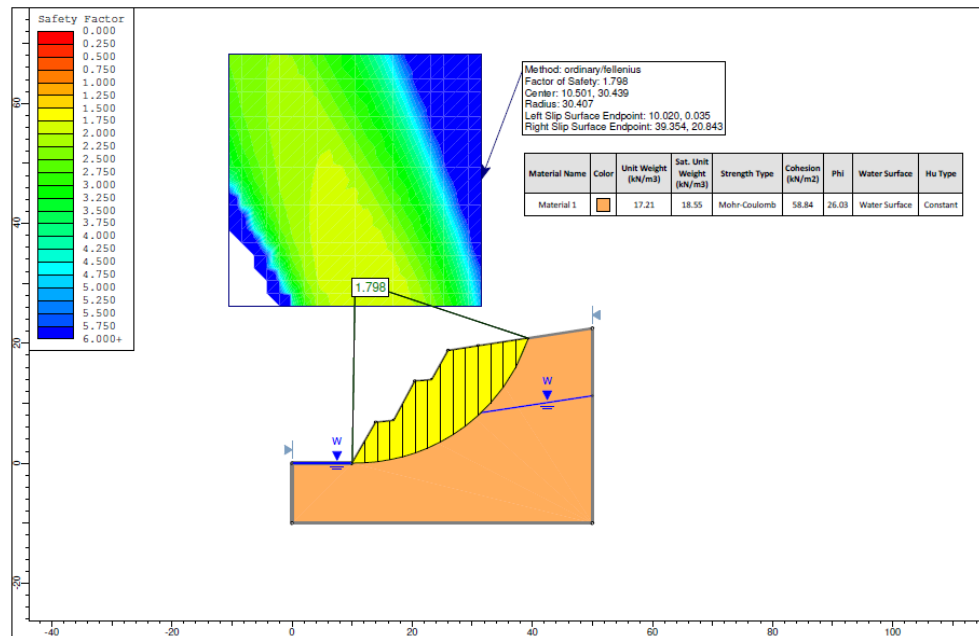
Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 25: Condición Estática – Jambu Simplificado (Slide).



Fuente: *Elaboración propia.*

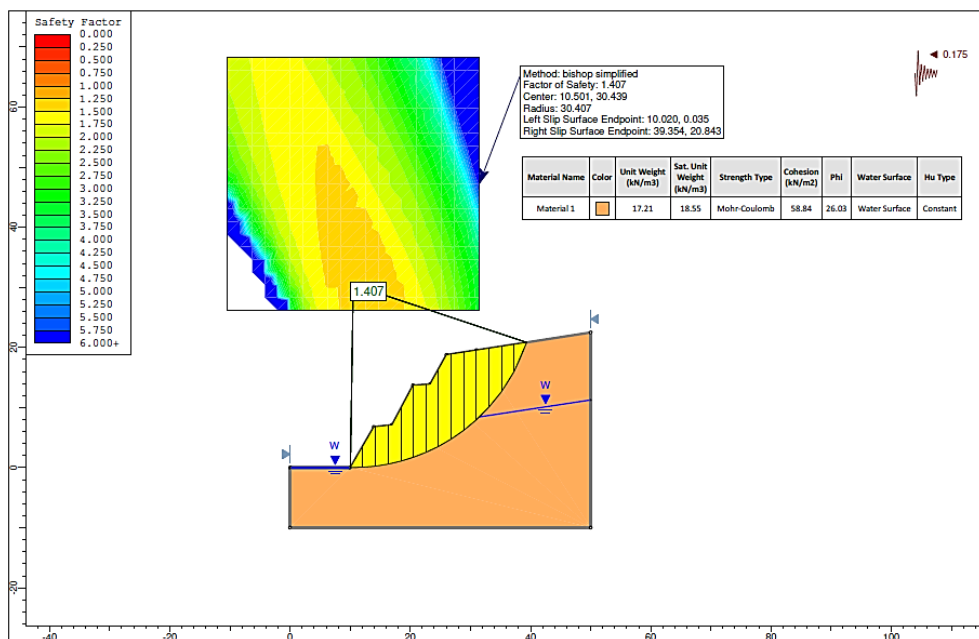
Figura 26: Condición Estática – Ordinario Fellenius (Slide).



Fuente: Elaboración propia.

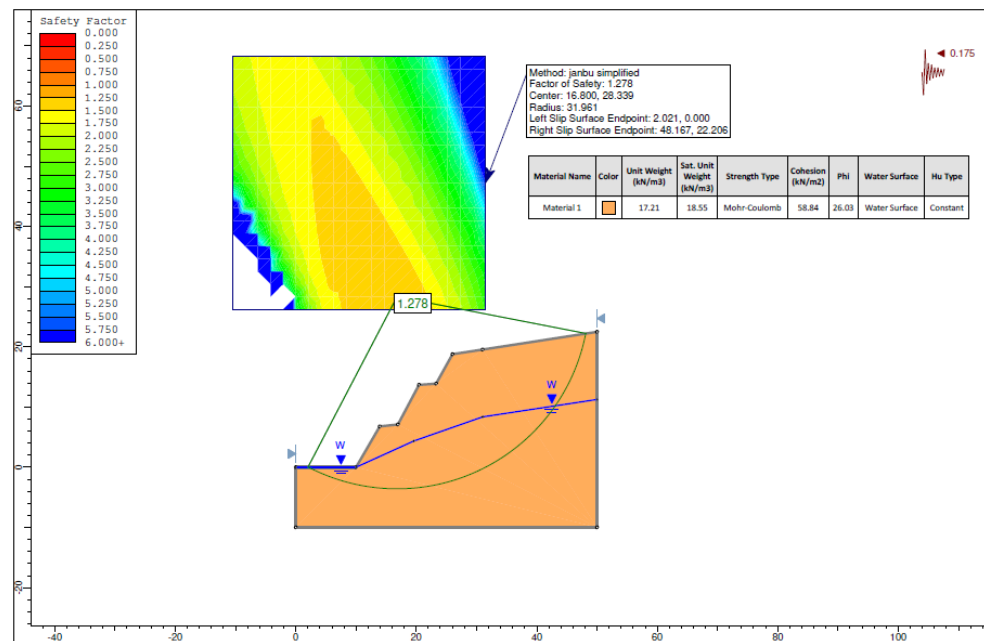
4.6. Cálculo del Factor de Seguridad (Condición Pseudo-estática – Software Slide)

Figura 27: Condición Pseudo-estática – Bishop Simplificado (Slide).



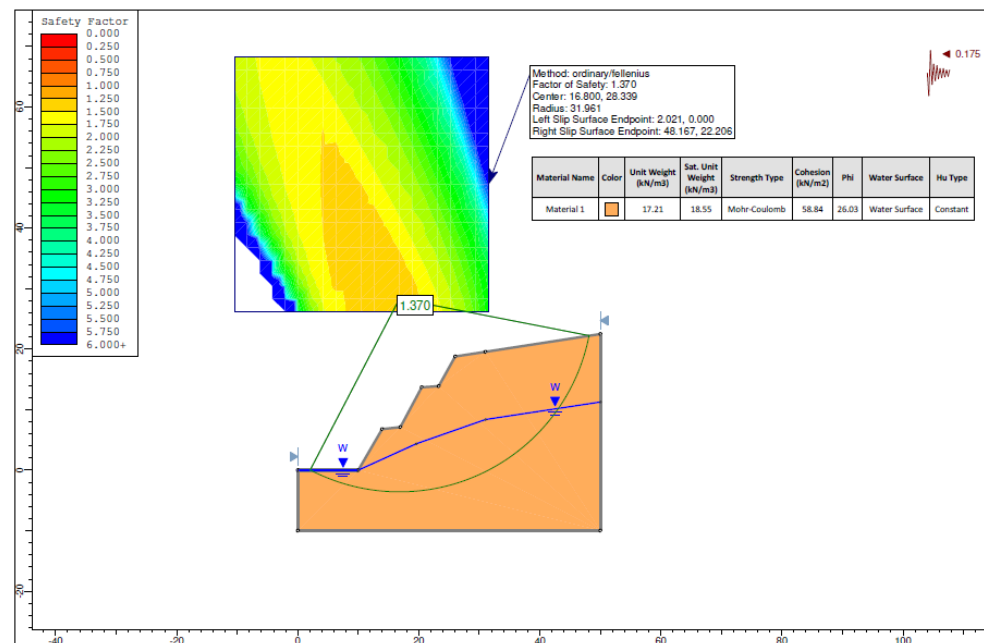
Fuente: Elaboración propia.

Figura 28: Condición Pseudo-estática – Jambu Simplificado (Slide).



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 29: Condición Pseudo-estática – Ordinario Fellenius (Slide).



Fuente: *Elaboración propia.*

Para el análisis de la condición Pseudo-estática se tomó en consideración el coeficiente sísmico, obtenido de la Norma Técnica

E.030 Diseño Sismoresistente (2016) del Reglamento Nacional de Edificaciones plasmado en la siguiente tabla:

Tabla 10: *Factores de zona “Z”.*

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: *Reglamento Nacional de Edificaciones – E 030 Diseño Sismoresistente, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021.*

Para optar por un Factor de Zona “Z” correcto, se ubicó en que zona sísmica se encuentra el talud de corte estudiado.

Figura 30: *Zonificación Sísmica.*



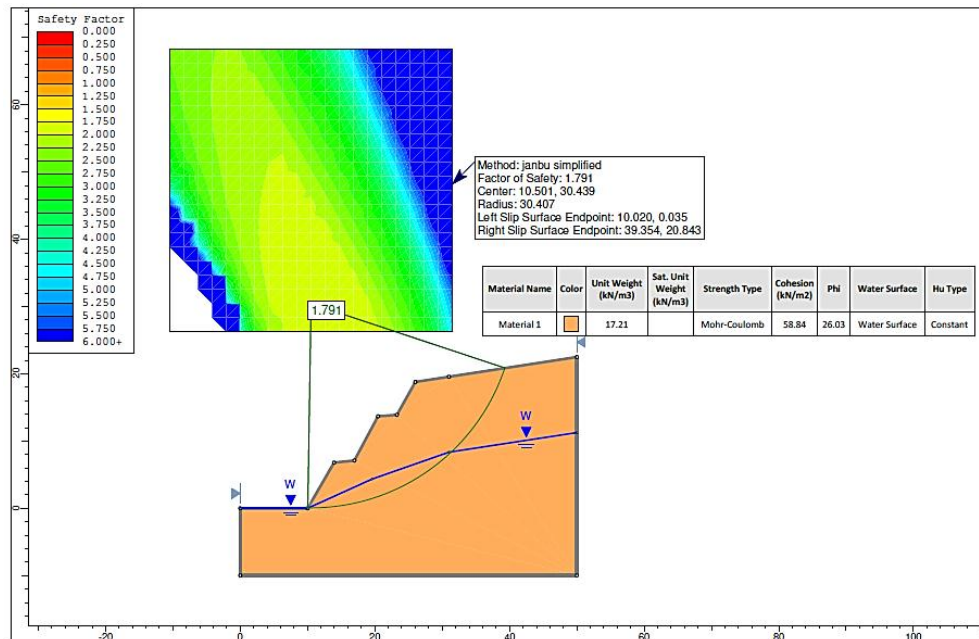
Fuente: *Reglamento Nacional de Edificaciones – E 030 Diseño Sismoresistente, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021.*

Así mismo, para esta misma condición Pseudo-estática el coeficiente sísmico considerado es equivalente al 50% de la aceleración horizontal de sismo de diseño puesto que el periodo de exposición sísmica es de 475 años, resultando un mínimo Factor de Seguridad (F.S.) de 1.25

4.7. Cálculo de Factor de Seguridad por Jambú Simplificado para estado de suelo seco y saturado

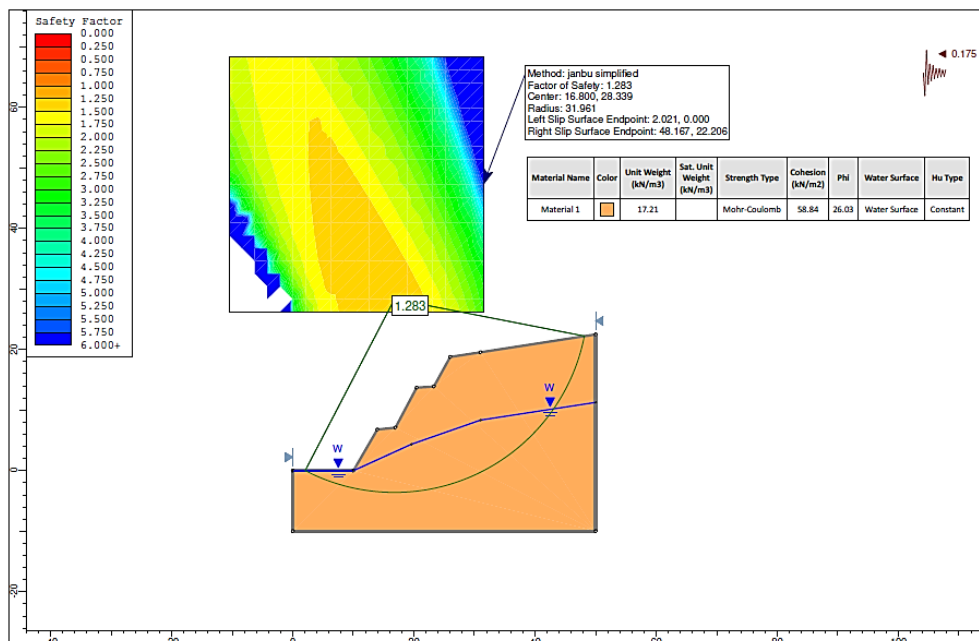
- F. S. suelo seco

Figura 31: Condición Estática (Slide).



Fuente: Elaboración propia.

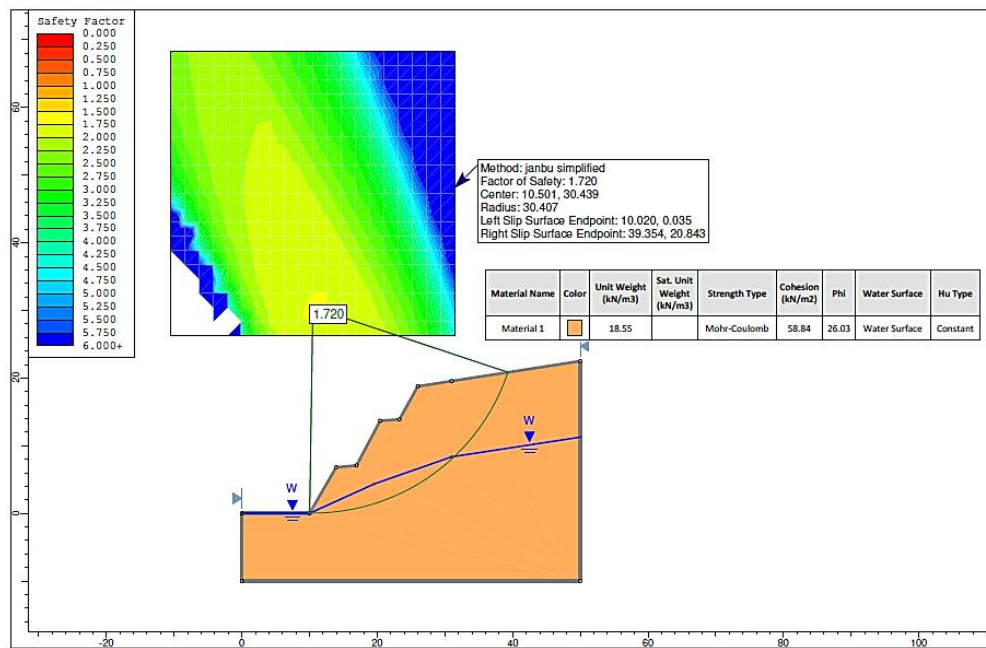
Figura 32: Condición Pseudo-estática (Slide).



Fuente: Elaboración propia.

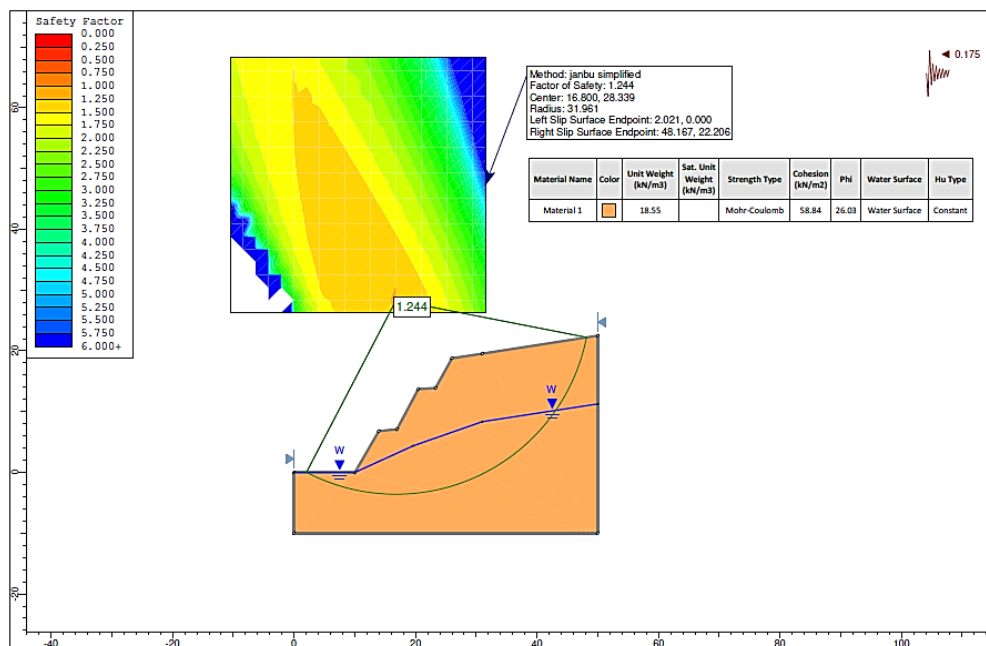
- F. S. suelo saturado

Figura 33: Condición Estática (Slide).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34: Condición Pseudo-estática (Slide).



Fuente: Elaboración propia.

4.8. Interpretación

Según los datos procesados del cálculo analítico se obtiene que la superficie de falla más crítica se encuentra en el km 33+500 teniendo este una falla curva. El Factor de Seguridad se realizó en la hoja Excel y obtenido con el Software Slide versión 6.0, se tiene los siguientes resultados para estado de suelo parcialmente saturado.

Tabla 11: *Resumen de resultados obtenidos.*

Método de Análisis	Factor de Seguridad (F.S.)		
	Condición Estática	Condición Pseudo-Estática	
Sector km33+500	Excel	Slide	Excel
Bishop	1.817	1.823	1.407
Jambu Simplificado	1.871	1.787	1.278
Ordinario/Fellenius	1.796	1.798	1.370
Promedio	1.830	1.800	1.35
Mínimo requerido	1.50	1.25	
Condición	Estable	Estable	

Fuente: *Elaboración propia.*

En la Tabla N° 11 se puede observar que los factores de seguridad hallados por los diferentes métodos de análisis empleados tanto en condición Estática y Pseudo-estática son similares y aceptables puesto que son mayores a 1.50 y 1.25 respectivamente; lo que evidenciaría un talud de corte con banquetas **estable** para ambas condiciones analizadas para un suelo en estado parcialmente saturado o estado natural; el análisis efectuado por los métodos aproximados de forma analítica en hoja Excel y Software Slide nos permite comparar y determinar que el método de Jambu simplificado es el más conservador; por lo tanto, en adelante emplea dicho método para el cálculo de estabilidad de taludes para estados seco y saturado del suelo.

Tabla 12: *Factores de Seguridad en estados de suelo seco y saturado.*

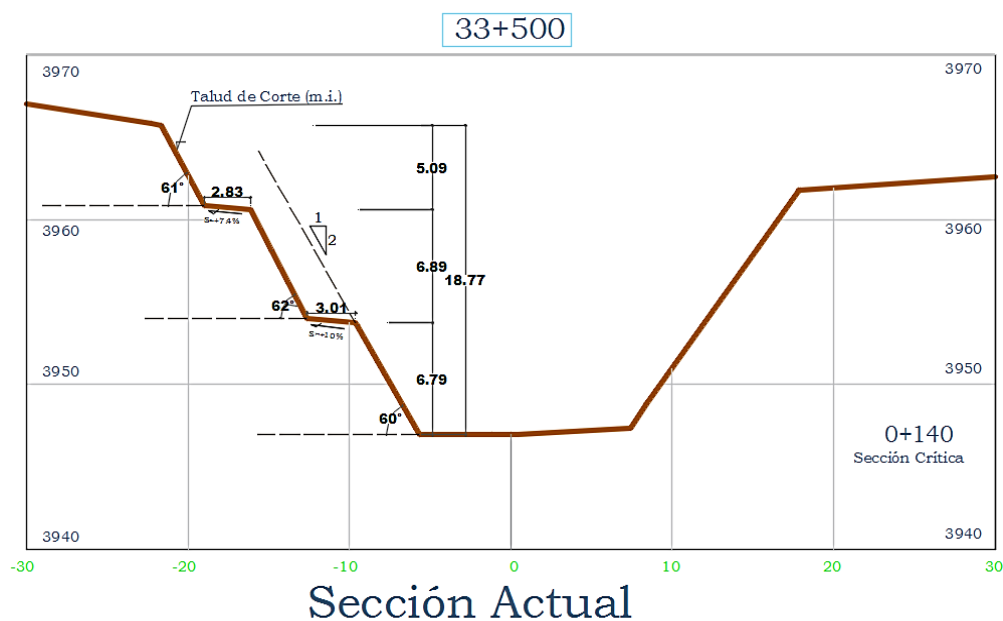
Método de Análisis: Jambu simplificado	Factor de Seguridad (F.S.)	
	Condición Estática	Condición Pseudo- Estática
Estado suelo seco	1.791	1.283
Estado suelo saturado	1.720	1.244
Mínimo requerido	1.500	1.250
Condición	Estable	Inestable

Fuente: *Elaboración propia.*

En la Tabla N° 12, se observa, que el factor de seguridad para condición pseudo-estática para estado de suelo saturado resulta 1.244, lo cual es menor a 1.250 establecido como mínimo según C.E. 020 Estabilización de Suelos y Taludes aprobado mediante D.S. N° 017-2012-VIVIENDA, lo que evidencia la inestabilidad del talud para la situación más crítica.

Ante; la situación de inestabilidad planteamos una propuesta de solución; en ese sentido se presenta la situación actual del talud del corte del sector 33+500, así como la propuesta de solución.

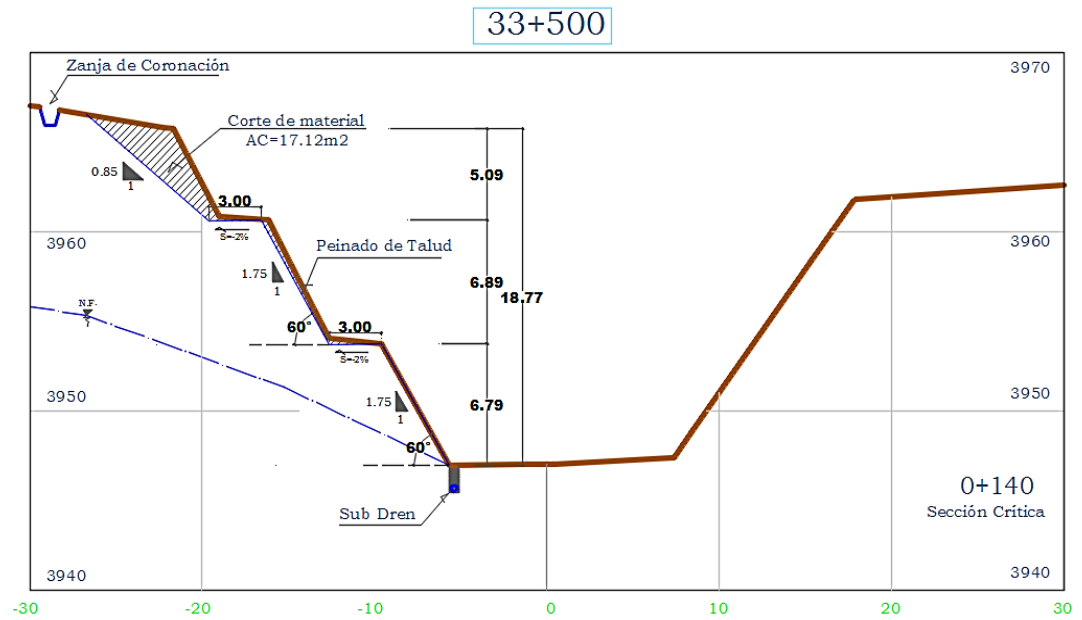
Figura 35: *Sección Actual Analizado.*



FS = 1.244 (Condición Pseudo-estática para suelo saturado)

Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 36: Sección Propuesta (aporte).



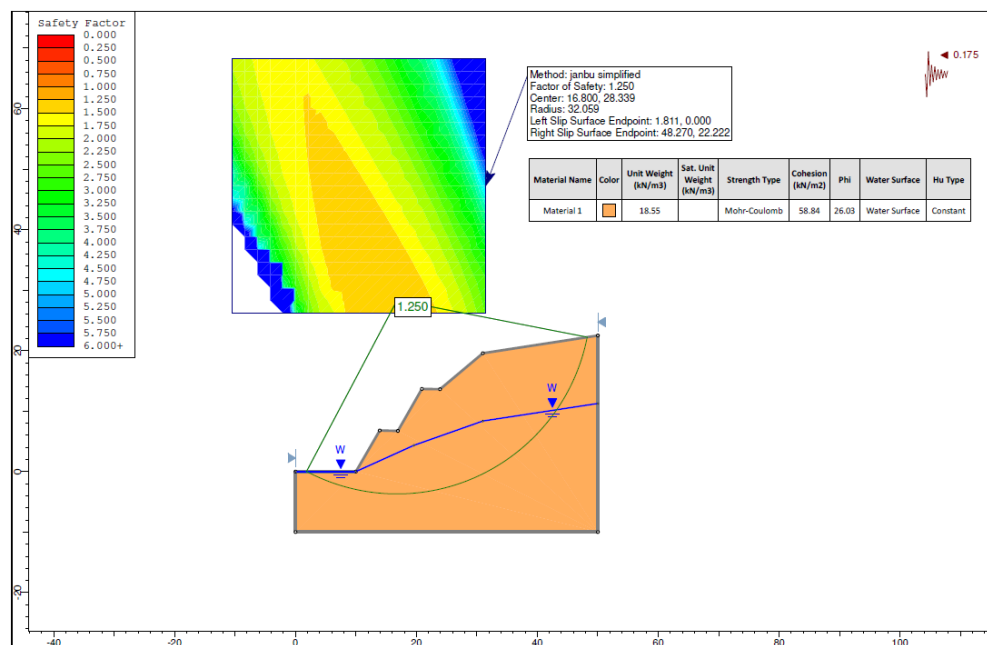
Sección Propuesta

FS = 1.250 (Condición Pseudo-estática para suelo saturado)

Fuente: *Elaboración propia.*

Basado en el análisis de estabilidad de talud, mediante método de Jambu simplificado para estado de suelo saturado en condición pseudo-estática (situación más crítica) se tiene un Factor de Seguridad de 1.250; con lo cual se cumple con el mínimo requerido, según detalle siguiente.

Figura 37: Factor de Seguridad de la Propuesta.



Fuente: *Elaboración propia.*

De acuerdo a la hipótesis general, en el cual se indica: ***“El talud de corte de la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú; se encuentra en condición inestable”***, se confirma la hipótesis, dado que el talud de corte estudiado se encuentra en condición **INESTABLE**, determinado para el estado de suelo saturado en condición pseudo-estática.

De forma similar en la hipótesis específica 1 se indica: ***“La aplicación de métodos aproximados para determinar la estabilidad de talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú; es factible, según la forma de superficie de falla curvo”***, se acepta la hipótesis ya que según la clasificación de la masa de suelo (arcillas limosas: ML-CL) proyecta una superficie de falla de forma circular; por lo que es concordante la aplicación de métodos aproximados para determinar la condición del talud de corte; en base a comparaciones de resultados obtenidos analíticamente en hoja Excel y software Slide se ha determinado que el método más apropiado es el Jambu simplificado ya que proporciona valores conservadores, mientras que el método de Bishop dota valores elevados.

En la hipótesis específica 2: ***“La condición del talud corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú, es INESTABLE para solicitaciones críticas”***, se acepta la hipótesis ya que, mediante el análisis de estabilidad del talud de corte para diferentes estados de suelo (seco, parcialmente saturado y saturado) se ha determinado que la solicitud más crítica es en estado saturado sometido a condición pseudo-estática, cuyo Factor de Seguridad es 1.244 cuando el mínimo requerido según C.E. 020-RNE es 1.250; por lo tanto, el talud de corte se encuentra en condición inestable para solicitaciones críticas.

Finalmente, en la hipótesis específica 3 se indica: ***“Con la propuesta de solución se logra la estabilización ante la inestabilidad del***

talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú.”, se acepta la hipótesis ya que, en la propuesta de solución considera intervenir con corte de material en el talud superior modificando la inclinación actual de 1:75:1 a 0.85:1 (relación V:H), se obtiene un nuevo Factor de Seguridad de 1.250, cuyo valor es el mínimo requerido en la normativa, adicionalmente se debe considerar la construcción de obras de arte y drenaje como sub dren al pie de talud para evacuar el flujo de aguas subterráneas y en la cabecera construir una zanja de coronación para evacuar las aguas pluviales; con las consideraciones técnicas de la propuesta de solución la nueva condición del talud de corte estudiado resulta **ESTABLE.**

V. DISCUSIÓN:

DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros de diseño de talud están orientados al desarrollo de dos estudios básicos, el primero es sobre el estudio de suelos y geotecnia, en donde se determina las propiedades de resistencia de suelo al corte o cizallamiento expresado en la cohesión (C), ángulo de fricción interna (ϕ), además de pesos específicos en condición natural y saturado (γ), dichos resultados Obtenidos muestran un suelo homogéneo clasificado como arcilla limosa, con arenas finas (ML-CL) – (A-4 (5)), (ML) – (A-6 (6)), cuyas propiedades de resistencia al corte son buenas, según detalle siguiente.

Tabla 13: *Parámetros para el cálculo de estabilidad de taludes.*

Muestra	Calicata - 1	Calicata - 2
Cohesión (C)	6,000 Kg/m ²	13,300 Kg/cm ²
Angulo de Fricción interna (ϕ)	26.03°	24.58°
Peso Específico natural (γ_{nat})	1,755 kg/m ³	-
Peso Específico saturado (γ_{sat})	1,892 kg/m ³	-

Fuente: *Elaboración propia del EMS (Anexo 6)*

Otra de las propiedades determinantes de la estabilidad de un talud es la altura e inclinación del talud respecto a la horizontal, lo cual se puede denominar como topografía y/o geomorfología de sección transversal, la sección analizada presenta una altura total de 18.77m, con dos baquetas alternadas cada 7m de elevación, el ángulo de inclinación promedia es de 60° el cual corresponde a una proporción (V:H) de 2:1, lo cual denota una inclinación regular. Así mismo, según Coliente (2010), en su investigación realizada nos muestra que la estabilidad que posea un talud se ve repercutida directamente por factores primordiales: como la alteración de su topografía, desgaste de resistencia, circunstancias de flujo de agua y a las variaciones de esfuerzos como son la sismicidad e intemperismo.

Es **relevante** la obtención de estos parámetros puesto que constituyen los datos de entrada para el diseño y/o cálculo de taludes; por lo que su

veracidad y obtención correcta de datos en campo y laboratorio repercute directamente en el nivel de confianza o factor de seguridad resultante, de ahí su importancia; en la presente investigación se contó con el apoyo de 01 topógrafo especializado para el levantamiento topográfico del sector estudio, así mismo para estudio de suelos se ha contado con el servicio de un laboratorio especializado quienes refrendan en los anexos respectivos.

DE LOS MÉTODOS EMPLEADOS

Los métodos empleados para determinar el nivel de confiabilidad y/o factor de seguridad (F.S.) han sido del grupo denominado aproximados como Bishop, Jambu simplificado y Fellenius, mediante los cuales se obtienen valores similares, para tener mayor certeza de los resultados, se ha desarrollado analíticamente de forma manual mediante uso de la hoja Excel, por otro lado con los mismos datos de entrada se efectuó el cálculo mediante Software Slide versión 6.0, apreciándose variaciones de 0.13%, 0.32% y 4.48%, lo que demuestra que el planteamiento por ambos medios es la correcta según cuadro siguiente; así mismo, según Oliva (2015), señala que, el cálculo de factor de seguridad por cualquiera de los métodos rigurosos como Jambu, Morgenstem-price y Spencer la diferencia entre ellos no excede el 12% y en ningún caso dichos resultados difieren en más de 6% por lo que considera como una solución correcta, en ese sentido, nuestra solución es concordante con lo manifestado por investigador referenciado.

Tabla 14: *Comparación de Factores de Seguridad obtenidos.*

Método	Factores de Seguridad (F.S.) - Condición Estática			
	Excel	Slide	DIFF	VAR
Bishop	1.817	1.823	0.006	0.32%
Jambú Simplificado	1.871	1.787	0.084	4.48%
Ordinario/Fellenius	1.796	1.798	0.002	0.13%

Fuente: *Elaboración propia.*

Los métodos denominados aproximados respecto a los llamados exactos o rigurosos como el método de Spencer, Morgenstern-Price,

Sarma entre otros, no distan mucho de sus resultados; con fines comparativos se ha determinado el factor de seguridad por método Spencer resultando un valor de 1.824 para condición estática y 1.414 para condición Pseudo-estática (ver Anexo 7), con lo cual demostramos los beneficios de los métodos aproximados, y se recomienda su empleo.

Es **relevante** la aplicación de estos métodos ya que mediante ellos determinamos el nivel de confiabilidad y/o estabilidad que posee el talud de corte evaluado. Por ello una de las **fortalezas** de los métodos aplicados para obtener el Factor de Seguridad es práctico, posible de realizar en forma manual sin necesidad de emplear programas muy especializados que necesiten de asesoramiento técnico, por el contrario, la **debilidad** del método manual analítico es el tiempo empleado en las iteraciones para determinar un valor de factor de seguridad.

DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos mediante los métodos aproximados, mencionados en el ítem anterior, son similares de los cuales podemos notar que el método de Jambú simplificado da resultados mínimos, mientras que por Bishop se obtiene valores máximos en ambas condiciones de análisis Estático y Pseudo-estático para un suelo en estado natural, según detalle siguiente:

Tabla 15: *Comparativa de Factores de Seguridad (Slide V.6).*

Método	Factores de Seguridad (F.S.) - Slide V.6			
	Estática	diff	Pseudo-estática	diff
Jambú Simplificado	1.787	-	1.278	-
Ordinario/Fellenius	1.798	0.011	1.370	0.092
Bishop	1.823	0.036	1.407	0.129

Fuente: *Elaboración propia.*

La determinación de los resultados, en donde Jambu simplificado proporciona valores bajos (conservadores) respecto de los demás métodos, es coherente con lo que señala Espinoza y Tapia (2013), quienes señalan que además de lo mencionado, el Método de Bishop

proporciona resultados de FS elevados, y los otros métodos dentro de los valores de ambos métodos mencionados, tal como se evidencia en la Tabla 15.

Es **relevante** considerar la condición Pseudo-estática puesto que nuestro país está propenso a movimiento telúrico (sismo) que se puede dar en cualquier momento, por ello una de las **fortalezas** es el análisis realizado en la condición Pseudo-estática del talud de corte, para un suelo saturado resulta inferior al valor mínimo de 1.25, por lo que se ha planteado una propuesta de solución que consiste en hacer corte en el talud de la banqueta superior, por el contrario, una de las debilidades del método estático es justamente el no considerar la condición sísmica siendo un caso irreal; es por lo cual considera como valor mínimo un F.S. mayor a 1.50.

DE LA DETERMINACIÓN DEL PLANTEAMIENTO

Las condiciones de evaluación adoptadas en el presente estudio, se basan en la normativa aplicable CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes – RNE, en donde para condición estática, el nivel de confiabilidad F.S. debe ser mayor a 1.50 y para condición Pseudo-estática mayor a 1.25, bajo dichos parámetros, los resultados obtenidos por métodos aproximados de Bishop, Jambu simplificado y Fellenius, el talud de corte resulta Estable, para el estado de suelo natural parcialmente saturado, según detalle siguiente:

Tabla 16: Condición del talud según el FS calculado.

Análisis	Bishop		Jambu Simplificado		Ordinario - Fellenius		Promedio	
	Estática	Pseudo-estática	Estática	Pseudo-estática	Estática	Pseudo-estática	Estática	Pseudo-estática
Slide	1.823	1.407	1.787	1.278	1.798	1.370	1.803	1.352
Excel	1.817	-	1.871	-	1.796	-	1.828	
Diff	0.006		0.084		0.002		0.025	
F.S. (mínimo)							1.50	1.25
Situación							ESTABLE	ESTABLE

Fuente: *Elaboración propia.*

En el mismo sentido, Mendoza (2016), en su investigación menciona, si bien es cierto todos los métodos empleados para la determinación del Factor de Seguridad proporcionan valores distintos, estos valores son valores muy cercanos, por lo que concluye que, el grado de exactitud de los métodos son semejantes.

Tabla 17: *Factor de seguridad en condición de suelo saturado.*

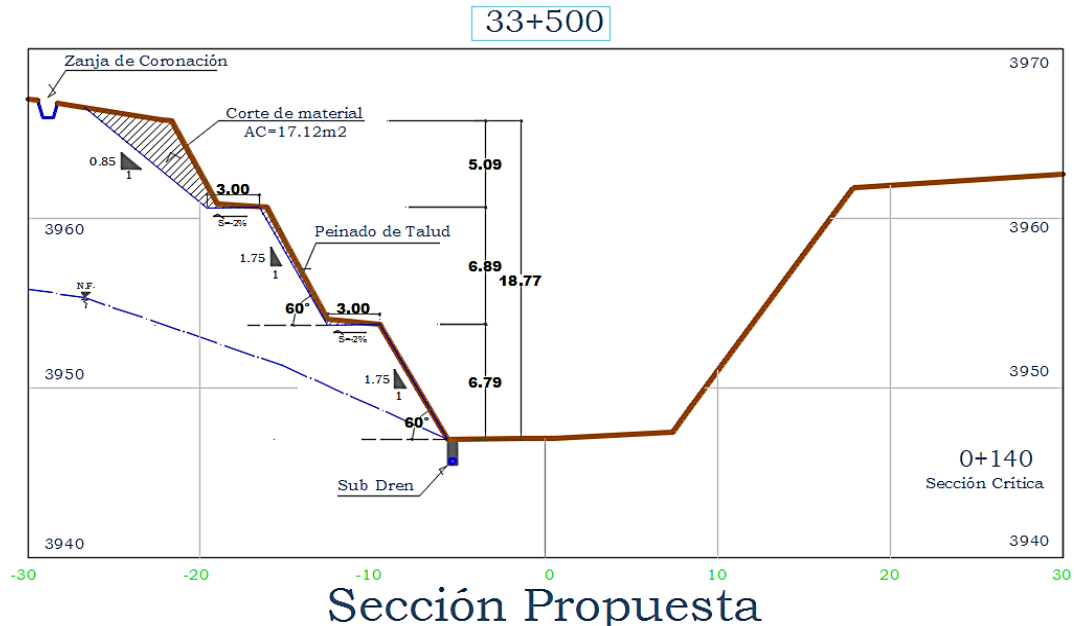
Método de Análisis: Jambu simplificado	Factor de Seguridad (F.S.)	
	Condición Estática	Condición Pseudo-Estática
Estado suelo seco	1.791	1.283
Estado suelo parcialmente saturado	1.787	1.278
Estado suelo saturado	1.720	1.244
Mínimo requerido	1.500	1.250
Condición	Estable	Inestable

Fuente: *Elaboración propia.*

Sin embargo, al someter el análisis de estabilidad del talud de corte estudiado, en estado de suelo saturado y en condición pseudo-estática (caso más crítico), se obtiene un valor de factor de seguridad menor al mínimo establecido como se puede apreciar en la tabla 17; por lo que la determinación final de la situación del talud de corte estudiado es Inestable.

DE LA PROPUESTA PLANTEADA

Figura 38: *Propuesta de Talud planteado*



Fuente: *Elaboración propia.*

Como propuesta de solución se plantea realizar corte de material en el talud de la banqueta superior con una inclinación de (H:V) de (1:0.85), así como efectuar un peinado de taludes en el segundo talud y finalmente considerar obras de arte y drenaje como la construcción de un sub dren al pie de talud con la finalidad de captar las aguas subterráneas y evacuar hacia un desfogue; así mismo se considera la construcción de zanja de coronación en la cabecera del talud con fines de evitar erosión en la cara de talud de corte, por otro lado se dotará de pendientes transversales en banquetas de 2% orientadas hacia el pie de talud en concordancia con las especificaciones del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del MTC (DG-2018); bajo las consideraciones expuestas se tendrá un talud corte ESTABLE en el sector km 33+500 de la carretera nacional PE-38A.

VI. CONCLUSIONES

1. El estudio de investigación “**Evaluación de la Estabilidad del Talud de Corte Ejecutado En La Carretera Nacional PE-38A KM 33+500 Departamento de Puno – 2021**”, analiza la condición del talud de corte de altura 18.77m (margen izquierdo), ejecutado con dos banquetas de 3m de ancho alternadas cada 7m con una inclinación de 1.75:1 (V:H) aproximadamente, cuya masa de tierra homogéneo ha sido clasificado como arcillas limosas de ligera plasticidad (ML-CL) con parámetros de resistencia al corte, cohesión $C=0.60\text{Kg/cm}^2$, ángulo de fricción interna $\phi=26.3^\circ$; cuenta además con flujo de agua subterráneas. Basado en el análisis de estabilidad de talud, en condición estática para suelo seco, parcialmente saturado y saturado se ha obtenido Factores de Seguridad mayores a 1.72, siendo el mínimo requerido de 1.50 (C.E. 020), mientras para la condición pseudo-estática con suelo saturado se ha obtenido un factor de seguridad de 1.244 cuando el mínimo requerido es de 1.250; por lo tanto, la condición del talud estudiado es **INESTABLE**.
2. El análisis de la condición del talud de corte estudiado, se ha efectuado mediante métodos que proyectan la superficie de falla de forma curvo o circular, denominados “Aproximados” de Bishop, Jambu simplificado y Ordinario/Fellenius, en base a los resultados obtenidos podemos concluir que el método de Jambu simplificado es el que proporciona valores conservadores, mientras que el método de Bishop proporciona valores elevados, y los demás métodos se encuentran en el rango de ambos; así mismo se ha determinado que los resultados entre dichos métodos no defieren en más de 4.5% el mismo que se ha establecido mediante comparaciones de resultados obtenidos de forma analítica (hoja Excel F.S. prom=1.828) con los obtenidos mediante el software (Slide FS prom=1.803) para condición estática con suelo parcialmente saturado (estado natural).
3. El Factor de Seguridad (FS) para condición estática y pseudo-estática para estados de suelo seco, parcialmente saturado y saturado obtenido mediante el método de Jambu simplificado es el siguiente:

Condición Estática (**F.S. min = 1.500**, según C.E. 020-RNE)

- Suelo seco : FS=1.791 → Estable
- Suelo parcialmente saturado : FS=1.787 → Estable
- Suelo saturado : FS=1.720 → Estable

Condición Pseudo-estática (**F.S. min = 1.250**, según C.E. 020-RNE)

- Suelo seco : FS=1.283 → Estable
- Suelo parcialmente saturado : FS=1.278 → Estable
- Suelo saturado : **FS=1.244** → **Inestable**

4. La propuesta de solución planteada ante la inestabilidad determinada, consiste en intervenir con corte de material en el talud superior dándole una nueva inclinación en la relación de 0.85:1 (V:H), de forma similar en el talud intermedio se realizará un peinado de taludes con fines de uniformización paralela al primer talud, así mismo se adecuará mediante cortes las pendientes transversales de las banquetas a 2% orientada hacia el pie de talud respectivo; de forma complementaria se deberá considerar la construcción de obras de arte y drenaje; al pie de talud y junto a la plataforma de la vía se proyecta un sub dren para captar y evacuar las aguas subterráneas, de la misma forma en la cabecera se proyecta una zanja de coronación para evacuación de aguas pluviales el cual evitará la erosión en la cara del talud por escorrentía.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda, a la Entidad ejecutora del proyecto de mejoramiento vial de la carretera nacional PE-38A; basado en el estudio de la condición del talud corte ejecutado en el sector km 33+500, en donde se determina la inestabilidad para condición pseudo-estática con suelo saturado; para lo cual deberá implementar la propuesta de solución planteada en el presente estudio de investigación, el nuevo factor de seguridad calculado para la sección propuesta es $FS=1.250$, el cual resulta igual al valor mínimo requerido según la norma C.E. 020; por lo que, la nueva condición de talud estudiado resulta **ESTABLE**.

A los proyectistas y/o investigadores involucrados con el diseño y estudio de taludes se recomienda, emplear los métodos aproximados para suelos que proyectan una superficie de falla de forma circular, dentro de los cuales se determina como el más adecuado al método de Jambu simplificado ya que proporciona valores conservadores a diferencia de los demás; sin embargo, dependerá del criterio y experiencia del proyectista adoptar el valor y/o método que conlleve a un diseño óptimo de talud.

Se recomienda a los proyectistas y/o investigadores involucrados con el diseño y estudio de taludes, tener en consideración las características de la zona donde se realiza el proyecto, factores climáticos y otros aspectos; en base al cual establecer el caso más crítico; en el presente caso el Factor de Seguridad crítico se ha obtenido para un suelo saturado sometido a condición pseudo-estática en donde se ha obtenido un resultado menor al mínimo requerido en la normativa, ya que para demás condiciones y estados el talud es estable.

Se recomienda al ejecutor de la obra de mejoramiento vial de la carretera nacional PE-38A, en el sector km 33+500, la propuesta de solución planteado en el presente estudio, se basa desde el punto de vista del proceso constructivo, ya que actualmente cuenta con dos banquetas y intervenir en ellas mediante cortes de material representaría un mayor movimiento de tierras; es por lo cual se recomienda modificar la inclinación solo en el talud superior modificando la inclinación actual de 1.75:1 a 0.85:1 (V:H).

REFERENCIAS

- ABREU, J. Hipótesis, método y diseño de investigación (hypothesis, method and research design). Daena: International Journal of Good Conscience, 2012, no 1, pp. 2-10. Disponible en: <http://www.spentamexico.org/v7-n2/7%282%29187-197.pdf> ISSN: 1870-557X.
- Alma del Cid; Méndez R; Sandoval F. En Dónde Obtener la Información. M. Núñez Viquez; A. Calderón Salas (Ed) Investigación, Fundamentos y Metodología, 2011, cap. V – p. 83-91. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2011.
- Alvarado Gonzales G. Factor de Ingeniería o de Seguridad, 2009 cap. I pp. 1-2 Ingeniero Civil U.N.M.S., DIC. Gerente- Análisis Geotécnicos Colombianos AGC Ltda. Profesor Asociado-Facultad de Ingeniería- Universidad Nacional - Bogotá, Colombia. Presidente- Sociedad Colombiana de Geotecnia. ajgon@cable.net.co.
- Alvarado Salazar A.A, Cornejo Guardia A.R. (2014) Estabilización de Taludes en la Costa Verde – Callao Tramo Avenida Santa Rosa – Jirón Virú (1.3 Km) Universidad San Martín de Porras facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
- Arenosos de Origen Aluvial Ubicados en el Distrito de Chilca, Provincia de Cañete – Departamento de Lima. Repositorio Académico UPC. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Asociación de Carreteras Japón (1984), Diseño y Construcción, Y. Onouchi (Ed) Serie de trabajos de Tierra en Carreteras – Manual de Protección de Talud, cap.03, pp. 39-129. Asociación de Carreteras del Japón.
- BAZZI, H.; NOFERESTI, H.; FARHADIAN, H. Modelling the effect of blast-induced vibrations on the stability of a faulted mine slope. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2020, no 1, pp. 4-7. Disponible en <http://www.scielo.org.za/pdf/jsaimm/v120n10/07.pdf> ISSN: 2411-9717.

- Bernal Torres C. A. Proceso Metodológico de Investigación Científica. O. Fernández Palma (Ed) Metodología de la Investigación, 2010, cap. VI, pp. 66 – 70, Tercera Edición E-BOOK, 2010.
- Braja M. D. Propiedades Geotécnicas del Suelo. S.R. Cervantes Gonzales, O.A. Ramirez Rosas (Ed) Fundamentos de Ingeniería Geotecnia, 2001, cap. I, pp. 22 – 24. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones CENGAGE LEARNING.
- Coliente Tlaxcalteca A. (2010) Inestabilidad en Laderas y Taludes. Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería. Facultad de Ingeniería.
- Constructora San José (2018) Tramo de la Carretera Checa – Mazocruz. Disponible en: https://constructorasanjose.com/n_SANJOSE-reconstruira-una-carretera-de-73-kilometros-en-Peru_1185.html.
- Cruz-Guevara, L; Cruz Ceballos L; Avendaño Sánchez G; García Gonzales M. Proposal for geological classification and nomenclature of soils: both genetic-descriptive and compositional miner a logical. Boletín de Geología, 2020, no 1, pp. 3-7. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3496/349665544006/349665544006.pdf> f ISSN:0120-0283.
- DEL RÍO SANTANA, O; Gómez Córdova F; López Carrillo N. Saenz Esqueda J. Espinoza Frayre A. Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. Revista Arquitectura e Ingeniería, 2020, no 1, pp. 4-9. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/1939/193963490001/193963490001.pdf> f ISSN:1990-830.
- Escobar Chanalata, S.H, Flores Carvajal, MD. (2017) Estudio de Estabilidad de Taludes del Paso Lateral de la Ciudad de Macas. Escuela superior politécnica de chimborazo Facultad de recursos naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, Carrera de Ingeniería en Geología y Minas.
- Espinoza Durán C.E, Tapia Berzoza L.E. (2013) Análisis Comparativo entre los Métodos de Estabilidad de Taludes Aplicados a las Presas de Tierra de

Tierras del Proyecto PACALORI. Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.

Flores Perez, W., Chávez Cerdeña, J. Correlación entre la Auscultación Dinámica Ligera (DPL) y el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) para Suelos

Fouché, N. The liquefaction potential of the upper quaternary sands of the Cape Flats, Western Cape, South Africa. *Journal of the South african institution of civil engineering*, 2020, no 2, p. 2-6. Disponible en: <http://www.scielo.org.za/pdf/jsaice/v62n2/03.pdf> ISSN: 1021-2019.

Franch J. (2014) Estudios Geotécnicos. Disponible en: <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/spt-angulo-rozamiento-interno/>

García Pérez J; García López E. Cálculo de pérdidas indirectas ocasionadas por movimientos sísmicos. *Ingeniería sísmica*, 2016, no 1, pp. 3-7. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/618/61864055004/61864055004.pdf> ISSN: 2395- 8251.

Gerscovich D.M.S. (2012) Tipos de Talude E Movimento de Massa (Ed) A. Pinto Chavez. Estabilidad de Taludes, cap. I, pp. 11-15. Conselho editorial.

Gobierno Regional Puno (2015). Ubicación del Proyecto. GRP. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente (Ed). Estudio de Uso Actual de Tierras, cap. 04, pp.03-05. Gobierno Regional Puno.

Gonzales de Vallejo L.I. (2003) Resistencia al Corte. I. Capella (Ed), Tec. Edit. S. Ayerra. Ingeniería Geológica. cap. III, pp. 74-81. PEARSON PRENTICE HALL.

Gurruchaga D; Viscarra F. SLOPE STABILITY ANALYSIS BY FINITE ELEMENTS: A CASE STUDY IN LA PAZ-BOLIVIA. Investigación & Desarrollo, 2020, no 1, pp. 9-11. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v20n1/v20n1_a08.pdf ISSN: 2518-4431.

Hernández Atencia, Y; Ramirez Arcila H. Evaluación del riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca

Cay, Ibagué, Tolima, Colombia. Ciencia e ingeniería neogranadina, 2016, no 1, pp. 4-10 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/911/91146925007.pdf> ISSN: 0124-8170.

Hernández Sampieri R. Fernández Collado C. Baptista Lucio P. (2014) Los Enfoques Cuantitativo y Cualitativo de la Investigación Científica. M.A. Toledo Castellano (Ed) Metodología de la Investigación, part. I, pp. 2-88. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Hernández Sánchez J; Hernández Sánchez M; Fernández Reynoso D; Martínez Menez M; Figueroa Sandoval B; Rubio Granados E; García Rodríguez J. Evaluación de la estabilidad de taludes en cárcavas, Huasca de Ocampo, Hidalgo, México. *Terra Latinoamericana*, 2019, no 1, pp. 4-6. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v37n3/2395-8030-tl-37-03-303.pdf> ISSN303-313

Lambe, T. y Whitman R. Mecánica de Suelos. Limusa. Buenos Aires. MATTOS, Álvaro J; MARIN, Roberto J. Reliability Analysis of Bored-pile Wall Stability Considering Parameter Uncertainties. *Tecnológicas*, 1993, no 1, pp. 4-7. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3442/344263272009/344263272009.pdf> f ISSN: 0123-7799

Mendoza Loayza J.A. (2016) Análisis de Estabilidad de Taludes de Suelos de Gran Altura en la Mina Antapaccay. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Mesa Lavista M; Álvarez Pérez J; Chávez Gómez J. Evaluación del factor de seguridad en taludes de terraplenes carreteros altos ante carga sísmica. *Ingeniería sísmica*, 2020, no 1, p. 5-10. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n103/0185-092X-ris-103-1.pdf> ISSN: 0185-092X

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018) Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Perú MTC (Ed), cap. III – pp. 2 Norma Legales MTC.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2021) Norma 030 Diseño Sismoresistente. MVCS. (Ed) Reglamento Nacional de Edificación, cap. II, pp. 4-5. Norma Legales MVCS.
- Mucuta Lito H; Cartaya-Pires M; Watson Quesada R. Evaluación de estabilidad en taludes del yacimiento Castellano mediante el cálculo del factor de seguridad. *Minería y Geología*, 2020, no 1, pp. 5-7 Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2235/223564388006/223564388006.pdf> f ISSN: 1993-8012.
- Muñoz Ramírez, M.J. (2017) Evaluación de Soluciones de Estabilidad para Deslizamientos en tres Tramos Críticos de la Carretera Ilabaya – Cambaya Camilaca, distrito de Ilabaya – Jorge Basadre – Tacna. Repositorio Académico UPC.
- Oliva González A; Ruiz Pozob A; Gallardo Amaya R; Yulady Jaramillo H. (2019) Landslide risk assessment in slopes and hillsides. Methodology and application in a real case. *Dyna*, 2019, no 1, pp. 13. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/496/49660955017/49660955017.pdf>
- Oliva González A. (2015) Estabilidad de taludes y laderas. análisis cuantitativo y cualitativo. *Grupo ITEICO Euroamericano*, 2019, no1, pp 22. Disponible en: https://www.academia.edu/12465089/ESTABILIDAD_DE_TALUDES_Y_LADERAS._AN%C3%81LISIS_CUANTITATIVO_Y_CUALITATIVO
- Ortega, Roberto, Carciumaru D; Gutiérrez E; Huesca Pérez E; Quintanar L, (2019) Probabilistic seismic hazard analysis in La Paz-Los Cabos, Mexico: The importance of active Quaternary fault segments. *Geofísica internacional*, no 1, pp. 5-8. 0016-7169 <http://www.scielo.org.mx/pdf/geoint/v58n2/0016-7169-geoint-58-02-151.pdf> ISSN: 0016-7169.
- Pereira F, Dias Olivera F. Three dimensional stability analysis of an urban slope located in João Monlevade, Brazil. *Research, Society and Development*, 2019, no 1, p. 6-10. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5606/560662202016/560662202016.pdf> f ISSN:2525-3409.

- Pérez de Ágreda E.A. (2005). Métodos Generales de Equilibrio Límite. J. Corominas (Ed). Estabilidad de Taludes Part. II-PP.43,45). Estabilidad de Taludes. E.T.S.d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports Universitat Politècnica de Catalunya.
- Pesantes Sarmiento J. (2016) Análisis e Implementación del Método Unificado de Equilibrio Límite en la Evaluación de Estabilidad de Taludes. Universidad de Cuenca Fundada en 1867. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil.
- QUIMIS-GUERRIDO, Byron Leonardo. Technological and Operation Evaluation of the YTO DF-15L Rototiller in Soil Preparation for Watermelon. Revista Ciencias 96. Técnicas Agropecuarias, 2019, no 2, pp. 4-10. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/932/93259288007/index.html> ISSN: 2071-0054.
- Sabino C. (1992) El Proceso de Investigación. Panapo, Caracas, (Ed) El Proceso de Investigación (Cap. 1- pp. 4-8) Publicado también por Ed. Panamericana, Bogotá, y Ed. Lumen, Buenos Aires.
- Sanhueza Plaza C; Rodríguez Cifuentes L. Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales Revista de la Construcción, 2011, no 1, pp. 8-11. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2013000100003 ISSN: 0718-915X.
- Steluti Marques G; Azoia Lukiantchuki J. (2017) Evaluation of the stability of a highway slope through numerical modeling. *Dyna*, 2017, no 1, pp. 2-8. ISSN: 0012-7353 <https://www.redalyc.org/pdf/496/49650910015.pdf>
- Suarez Diaz J. Caracterización de los Movimientos. L. L. Silva Sarquez (Ed) Deslizamiento y Estabilidad de Talud en Zonas Tropicales, 1998, cap. 01 – pp. 01-03. Ingeniería de Suelos Ltda.
- Suarez Diaz J. Deslizamiento Análisis Geotécnica Vol. I, L. L. Silva Sarquez (Ed) (Comportamiento Sísmico de los Taludes, 2009, cap. 07, pp. 268-294. Universidad Industrial de Santander Bucaramanga, Colombia.

Teófilo Salvador E; Muciño Castañeda R; Morales Reyes G; Esteller Alberich M.
Experimentación reducida-controlada in situ del deslizamiento de suelo
por efecto de flujo subsuperficial de agua. *Ingeniería, investigación y
tecnología*, 2019, vol. 20, no 3. 0732.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v20n3/1405-7743-iit-20-03-e026.pdf>
ISSN: 2594.

Valiente Sanz R; Sobrecases Martí S; Díaz Orrego A. Estabilidad taludes,
conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo. *Revista
civilizate*, 2016, no 1, pp. 1-5. Disponible en:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf?sequence=1&isAllowed=n>

Yepes V. (2014) Equipos de Compactación Superficial. Disponible en:
<https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/peso-especifico/>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia.

Anexo 2. Matriz de Operacionalización.

Anexo 3. Levantamiento Topográfico con Estación Total.

Anexo 4. Certificado de Calibración.

Anexo 5. Planos.

Anexo 6. Estudio de Mecánica de Suelos.

Anexo 7. Métodos Rigurosos (Slide).

Anexo 8. Juicio de Expertos (Validación de Datos e Instrumentos).

Anexo 9. Porcentaje (%) de Turnitin.

Anexo 10. Panel Fotográfico.

Anexo 1. Matriz de Consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Evaluación de la Estabilidad del Talud de Corte Ejecutado En La Carretera Nacional PE-38A KM 33+500 Departamento de Puno - 2021

Autor: Bach. Jhon Angel Apaza Maquera

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿En qué condición (estabilidad o inestabilidad) se encuentra el talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A km 33+500, Puno - Perú?	Analizar la condición del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A km 33+500, Puno - Perú	El talud de corte de la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú; se encuentra en situación inestable	Variable Independiente: Talud de Corte	Propiedades mecánicas de la masa de tierra (Estado de suelo, resistencia al corte, flujo de agua)	Peso específico natural y saturado (kg/m ³), Cohesión (kg/cm ²), Ángulo de fricción interna Ø (°), Nivel de agua subterránea (m)	Estudio de Suelos (Exploración, muestreo, DPL, equipos de laboratorio)
				Inclinación de superficie en base a la horizontal	Relación (H:V), o ángulo de inclinación (°)	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿Cuál es el método adecuado según la forma de superficie de falla para el análisis de estabilidad del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú?	Determinar el método adecuado según la forma de superficie de falla para el análisis de estabilidad del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú	La aplicación de métodos aproximados para determinar la estabilidad de talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú; es factible, según la forma de superficie de falla curvo	Variable Dependiente: Condiciones (Estabilidad o Inestabilidad)	Superficie de falla (curvos)	Condición ESTABLE: Estática FS > 1.50, Pseudo-estática FS > 1.25 (Método dovelas: Bishop, Jambu simplificado, Fellenius)	Hoja Excel, Autocad, Software SLIDE
¿Cuánto es el Factor de Seguridad analizado en condiciones estática y pseudo-estática para diferentes estados de suelo del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú?	Determinar el Factor de Seguridad analizado en condiciones estática y pseudo-estática para diferentes estados de suelo del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú	La condición del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú, es INESTABLE para solicitaciones críticas		Factor de seguridad (Estática, Pseudo-estática)		
¿Cuál es la propuesta de solución ante la inestabilidad del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú?	Plantear la propuesta de solución ante la inestabilidad del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú	Con la propuesta de solución se logra la estabilización ante la inestabilidad del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A Km 33+500, Puno - Perú.		Propuesta de Solución (Técnicas de estabilización)		

Anexo 2. Matriz de Operacionalización.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Evaluación de la Estabilidad del Talud de Corte Ejecutado En La Carretera Nacional PE-38A KM 33+500 Departamento de Puno - 2021

Autor: Bach. Jhon Angel Apaza Maquera

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Talud de Corte	Masa de Tierra que presenta una Pendiente , conformado artificialmente correspondiente a la categoría cortes (Suarez, 2009)	Las propiedades de la masa de suelo y parámetros geométricos del talud; se obtienen mediante trabajos de campo (exploración, muestreo de suelos, laboratorio, topografía) y Gabinete (procesamiento)	Propiedades mecánicas de la masa de tierra (Estado de suelo, resistencia al corte, flujo de agua)	Peso específico natural y saturado (kg/m ³), Cohesión (kg/cm ²), Ángulo de fricción interna ϕ (°). Nivel de agua	Razón
			Inclinación de superficie en base a la horizontal	Relación (H:V), o ángulo de inclinación (°)	
Variable Dependiente: Condiciones (Estabilidad o Inestabilidad)	Talud Estable , es cuando existe un Equilibrio de las Fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes, entre las cuales es determinante la fuerza de gravedad y es Talud Inestable cuando no existe dicho equilibrio de fuerzas, así mismo la inestabilidad se puede producir al aumento de carga en la parte superior, al removerse en el pie o aumento de la pendiente del talud (Suarez, 2009)	Procedimiento analítico mediante la aplicación de método de dovelas que consiste en dividir la masa de suelo potencialmente deslizante en rebanadas, calculando el equilibrio de cada una de ellas y finalmente analizar el equilibrio global en condición estática y pseudo-estática.	Superficie de falla (curvos)	Condición ESTABLE: Estática FS > 1.50, Pseudo-estática FS > 1.25 (Método dovelas: Bishop, Jambu simplificado, Fellenius)	Razón
			Factor de seguridad (Estática, Pseudo-estática)		
			Propuesta de Solución (Técnicas de estabilización)		

Anexo 3. Levantamiento Topográfico con Estación Total.

ANEXO 3: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL

CARRETERA CHECCA - MAZOCRUZ, SECTOR DEL KM 33+380 AL KM 33+630

FECHA : 30 DE JULIO 2021

TOPOGRAFO: B. Ing. Wilfredo Panti Paredes

EQUIPO : Estació Total LEICA, Serie N° 1354333, Calibración vigente hasta 05/12/2021

Punto	Este	Norte	Cota	Descripción
1	429481.148	8184222.028	3945.791	E
2	429484.974	8184223.249	3945.721	BT
3	429488.911	8184224.737	3945.221	PT
4	429500.233	8184227.786	3949.666	R
5	429476.534	8184220.517	3945.647	BT
6	429472.025	8184217.170	3943.473	BT
7	429459.005	8184210.021	3943.106	BT
8	429459.314	8184210.345	3943.105	R
9	429484.961	8184213.670	3945.695	E
10	429490.241	8184215.626	3945.566	BT
11	429490.733	8184215.817	3945.213	CU
12	429491.573	8184216.144	3946.098	BT
13	429502.190	8184221.194	3949.913	R
14	429480.149	8184211.717	3945.339	BT
15	429476.018	8184209.557	3943.589	PT
16	429462.488	8184203.291	3943.164	R
17	429490.120	8184205.505	3945.639	E
18	429494.931	8184207.834	3945.555	R
19	429484.401	8184203.313	3944.959	R
20	429494.488	8184197.374	3945.947	E
21	429499.396	8184199.088	3945.897	PT
22	429488.800	8184194.662	3946.108	PT
23	429498.076	8184188.938	3946.148	E
24	429503.996	8184190.973	3946.105	PT
25	429492.262	8184186.607	3946.291	PT
26	429502.280	8184180.636	3946.247	E
27	429508.061	8184183.381	3946.266	PT
28	429496.758	8184178.344	3946.439	PT
29	429505.910	8184172.262	3946.356	E
30	429510.755	8184174.422	3946.318	DES
31	429513.655	8184175.654	3947.635	DES
32	429501.124	8184169.412	3946.601	PT
33	429510.443	8184163.820	3946.469	E
34	429513.344	8184165.726	3946.529	DES
35	429517.901	8184167.654	3949.253	DES
36	429505.518	8184161.445	3946.763	PT
37	429514.316	8184155.051	3946.569	E
38	429521.472	8184160.333	3946.883	PT
39	429509.887	8184152.458	3946.574	PT
40	429520.365	8184147.820	3946.633	PT
41	429526.229	8184151.706	3947.053	PT
42	429514.811	8184145.217	3946.731	PT
43	429524.995	8184139.795	3946.709	E
44	429530.419	8184144.127	3946.976	PT
45	429519.426	8184136.123	3947.182	PT
46	429530.351	8184132.283	3946.803	E
47	429535.606	8184135.869	3946.957	PT
48	429524.356	8184128.168	3947.272	PT
49	429535.065	8184124.122	3946.871	E
50	429540.842	8184128.165	3947.065	PT
51	429529.854	8184120.548	3947.326	PT
52	429540.288	8184116.400	3946.964	E
53	429545.653	8184120.369	3946.946	PT
54	429534.885	8184112.901	3947.354	PT
55	429545.953	8184108.728	3946.997	E
56	429551.146	8184112.268	3946.879	PT
57	429540.674	8184105.119	3947.391	PT
58	429551.979	8184101.358	3946.984	E
59	429556.629	8184105.385	3946.945	PT
60	429546.299	8184097.364	3947.368	PT
61	429556.621	8184093.031	3947.105	E
62	429562.348	8184098.148	3947.073	PT
63	429552.237	8184089.757	3947.483	PT
64	429563.209	8184086.494	3947.120	E
65	429567.354	8184090.497	3947.122	PT


 B. Ing. Wilfredo Panti Paredes
 DNI N° 01856108
 TOPOGRAFO IGC

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACION TOTAL

CARRETERA CHECCA - MAZOCRUZ, SECTOR DEL KM 33+380 AL KM 33+630

FECHA : 30 DE JULIO 2021

TOPOGRAFO: B. Ing. Wilfredo Panti Paredes

EQUIPO : Estació Total LEICA, Serie N° 1354333, Calibración vigente hasta 05/12/2021

Punto	Este	Norte	Cota	Descripción
66	429558.332	8184082.191	3947.617	PT
67	429569.310	8184079.207	3947.144	E
68	429574.077	8184084.322	3947.453	PT
69	429564.135	8184075.163	3948.171	PT
70	429574.205	8184071.641	3947.238	E
71	429576.418	8184074.002	3947.519	DES
72	429578.677	8184077.133	3949.719	DES
73	429569.917	8184068.726	3949.450	DES
74	429580.732	8184064.407	3947.288	E
75	429585.311	8184069.057	3949.995	DES
76	429586.947	8184056.873	3947.307	E
77	429588.271	8184058.210	3947.343	DES
78	429590.900	8184063.081	3950.124	DES
79	429584.106	8184053.761	3947.717	PT
80	429496.417	8184209.141	3947.809	BT
81	429506.622	8184215.819	3950.882	R
82	429512.012	8184207.885	3952.811	R
83	429502.255	8184201.543	3950.305	BT
84	429507.533	8184194.404	3953.228	BT
85	429511.571	8184185.528	3952.810	BT
86	429514.339	8184186.461	3953.462	PT
87	429515.714	8184177.868	3952.941	BT
88	429518.680	8184178.873	3953.679	PT
89	429523.222	8184171.422	3953.613	DES
90	429519.821	8184170.415	3951.820	DES
91	429525.104	8184161.060	3953.302	BT
92	429527.606	8184162.898	3953.712	PT
93	429529.441	8184153.832	3953.581	BT
94	429532.008	8184155.537	3954.069	PT
95	429534.499	8184144.967	3953.593	BT
96	429536.913	8184146.799	3953.903	PT
97	429539.372	8184137.020	3953.610	BT
98	429541.212	8184139.600	3954.228	PT
99	429544.683	8184129.058	3953.448	BT
100	429547.127	8184130.768	3953.660	PT
101	429549.296	8184121.757	3953.413	BT
102	429551.896	8184123.809	3953.736	PT
103	429554.695	8184114.414	3953.571	BT
104	429557.085	8184116.321	3953.799	PT
105	429559.954	8184107.518	3953.743	BT
106	429562.165	8184109.576	3954.040	PT
107	429565.934	8184099.897	3953.739	BT
108	429568.281	8184101.799	3954.040	PT
109	429572.169	8184092.249	3953.686	BT
110	429574.448	8184094.016	3953.887	PT
111	429577.853	8184084.887	3954.158	DES
112	429585.939	8184083.265	3956.500	DES
113	429515.710	8184188.339	3956.502	BT
114	429525.540	8184194.560	3958.764	R
115	429520.659	8184180.134	3957.541	BT
116	429531.868	8184185.803	3960.573	R
117	429527.226	8184173.689	3958.402	BT
118	429537.151	8184179.921	3961.763	R
119	429530.081	8184164.054	3958.789	BT
120	429540.568	8184170.059	3962.104	R
121	429535.032	8184156.202	3959.768	BT
122	429544.989	8184162.242	3962.672	R
123	429539.916	8184148.815	3960.682	BT
124	429550.449	8184155.665	3963.850	R
125	429544.455	8184142.483	3961.802	BT
126	429554.582	8184148.735	3964.785	R
127	429551.071	8184136.641	3963.063	BT
128	429561.212	8184144.707	3966.291	R
129	429550.138	8184133.058	3960.613	R
130	429551.144	8184134.680	3960.844	R

Wilfredo Panti Paredes
 B. Ing. Wilfredo Panti Paredes
 DNI N° 01858108
 TOPOGRAFO IGC

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACION TOTAL

CARRETERA CHECCA - MAZOCRUZ, SECTOR DEL KM 33+380 AL KM 33+630

FECHA : 30 DE JULIO 2021

TOPOGRAFO: B. Ing. Wilfredo Panti Paredes

EQUIPO : Estació Total LEICA, Serie N° 1354333, Calibración vigente hasta 05/12/2021

Punto	Este	Norte	Cota	Descripción
131	429554.348	8184126.031	3960.595	R
132	429555.573	8184128.006	3960.640	R
133	429558.336	8184129.894	3965.226	BT
134	429570.006	8184137.886	3967.699	R
135	429559.951	8184118.168	3960.574	R
136	429561.203	8184119.502	3960.733	R
137	429564.534	8184121.425	3965.428	BT
138	429575.493	8184129.698	3967.803	R
139	429565.615	8184110.851	3960.633	R
140	429567.698	8184112.779	3960.839	R
141	429570.143	8184114.040	3965.736	BT
142	429583.579	8184122.819	3968.211	R
143	429576.218	8184106.283	3965.584	BT
144	429573.730	8184104.881	3961.480	BT
145	429571.563	8184103.661	3960.848	BT
146	429588.336	8184115.019	3967.823	R
147	429581.000	8184099.343	3963.296	BT
148	429579.319	8184098.764	3960.997	BT
149	429576.066	8184097.705	3960.648	BT
150	429590.358	8184107.993	3966.943	R
151	429583.818	8184092.192	3962.252	BT
152	429583.019	8184091.977	3960.708	BT
153	429580.590	8184091.643	3960.536	BT
154	429597.072	8184100.113	3964.197	R
155	429587.343	8184057.483	3947.351	R
156	429589.852	8184059.628	3948.704	R
157	429592.422	8184067.342	3953.738	R
158	429601.098	8184066.256	3953.692	R
159	429603.463	8184068.899	3955.125	R
160	429603.862	8184068.794	3958.280	R
161	429627.926	8184068.141	3959.250	R
162	429593.500	8184049.916	3947.322	R
163	429596.727	8184052.132	3947.240	R
164	429602.585	8184053.365	3947.747	R
165	429606.224	8184057.765	3951.938	R
166	429606.111	8184058.636	3955.474	R
167	429623.226	8184053.036	3955.315	R
168	429601.128	8184043.568	3947.354	R
169	429610.350	8184046.490	3947.830	R
170	429618.625	8184045.733	3951.800	R
171	429623.509	8184050.842	3954.320	R
172	429484.417	8184203.177	3944.917	R
173	429474.101	8184193.925	3943.802	R
174	429487.421	8184194.513	3946.221	R
175	429477.948	8184187.002	3943.814	R
176	429491.244	8184185.446	3949.068	R
177	429480.262	8184179.984	3944.024	R
178	429495.040	8184177.559	3949.540	R
179	429487.036	8184169.052	3947.254	R
180	429498.839	8184168.981	3950.660	R
181	429490.723	8184160.623	3947.896	R
182	429502.926	8184160.640	3951.735	R
183	429496.143	8184153.117	3949.167	R
184	429507.200	8184151.609	3952.325	R
185	429498.946	8184144.448	3950.085	R
186	429511.446	8184142.869	3953.750	R
187	429504.803	8184135.284	3952.262	R
188	429515.975	8184134.117	3954.766	R
189	429508.307	8184125.645	3953.556	R
190	429518.915	8184129.381	3954.065	R
191	429518.846	8184124.723	3955.863	R
192	429523.079	8184124.535	3953.323	R
193	429521.667	8184120.948	3954.077	R
194	429522.421	8184116.977	3956.999	R
195	429515.015	8184107.627	3957.383	R


 B. Ing. Wilfredo Panti Paredes
 DNI N° 01856108
 TOPOGRAFO IGC

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL

CARRETERA CHECCA - MAZOCRUZ, SECTOR DEL KM 33+380 AL KM 33+630

FECHA : 30 DE JULIO 2021

TOPOGRAFO: B. Ing. Wilfredo Panti Paredes

EQUIPO : Estació Total LEICA, Serie N° 1354333, Calibración vigente hasta 05/12/2021

Punto	Este	Norte	Cota	Descripción
196	429528.098	8184116.682	3954.060	R
197	429537.499	8184092.171	3961.803	R
198	429527.218	8184108.045	3958.837	R
199	429519.274	8184099.014	3959.376	R
200	429532.302	8184110.347	3954.215	R
201	429531.240	8184110.050	3954.176	R
202	429532.543	8184099.061	3960.603	R
203	429525.607	8184088.945	3961.653	R
204	429543.040	8184108.488	3947.034	R
205	429541.290	8184107.729	3947.150	R
206	429537.749	8184091.387	3961.797	R
207	429527.925	8184080.255	3963.293	R
208	429542.767	8184081.725	3962.837	R
209	429532.183	8184074.354	3964.702	R
210	429545.406	8184078.754	3961.318	R
211	429547.348	8184078.925	3961.125	R
212	429554.502	8184076.032	3955.794	R
213	429555.559	8184076.070	3955.023	R
214	429546.453	8184073.887	3963.792	R
215	429535.870	8184065.397	3966.092	R
216	429548.365	8184074.601	3961.475	R
217	429551.645	8184075.015	3961.177	R
218	429559.001	8184072.176	3954.553	R
219	429565.429	8184068.792	3952.854	R
220	429554.050	8184066.770	3964.240	R
221	429555.879	8184068.177	3961.367	R
222	429557.432	8184068.717	3961.304	R
223	429566.765	8184067.763	3953.748	R
224	429543.294	8184059.012	3966.827	R
225	429561.199	8184062.781	3963.895	R
226	429551.823	8184054.199	3966.347	R
227	429581.075	8184057.178	3947.884	
228	429576.411	8184059.871	3953.396	
229	429544.083	8184078.536	3963.036	
230	429587.479	8184050.009	3947.960	
231	429582.711	8184052.151	3954.264	
232	429575.446	8184052.386	3959.556	
233	429594.970	8184043.637	3947.690	
234	429576.056	8184050.447	3961.029	
235	429597.478	8184041.867	3947.469	
236	429595.017	8184040.143	3953.037	
237	429583.709	8184042.666	3959.043	
238	429599.168	8184037.364	3951.216	
239	429596.609	8184030.866	3948.583	
240	429616.563	8184032.371	3946.858	E
241	429612.437	8184026.692	3946.735	R
242	429608.295	8184016.896	3946.427	R
243	429621.906	8184039.792	3947.669	R
244	429625.527	8184040.754	3950.293	R
245	429630.601	8184046.010	3953.087	R
246	429637.880	8184043.270	3952.817	R
247	429632.076	8184032.954	3948.439	R
248	429631.156	8184032.430	3946.545	R
249	429625.086	8184026.755	3947.229	R
250	429620.078	8184022.064	3947.287	R
251	429618.456	8184020.584	3946.057	R
252	429610.527	8184011.581	3946.648	R
253	429498.154	8184168.524	3950.748	REF-W
254	429481.148	8184222.028	3945.791	CM-335R
255	429620.394	8184034.477	3946.874	REF-W2
256	429581.075	8184057.178	3947.884	REF-W1


 B. Ing. Wilfredo Panti Paredes
 DNI N° 01856108
 TOPOGRAFO IGC

Anexo 4. Certificado de Calibración.



GEO TOP AQP

La Casa del Ingeniero

VENTA DE EQUIPOS TOPOGRAFICOS - GPS DIFERENCIALES - DRONES
SERVICIO - MANTENIMIENTO - CALIBRACION - REPARACION

- ♦ SERVICIOS TOPOGRAFICO
- ♦ CARRETERAS - CANALES
- ♦ TUBERIAS - MONTAJES
- ♦ REPRESAS - PUENTES - LINEAS
- ♦ MINERIA SUPERFICIAL
- ♦ MINERIA SUBTERRANEA
- ♦ PUNTOS GEODESICOS

CERTIFICADO DE CALIBRACION CERTIFICATE OF CALIBRATION

OTORGADO: **WILFREDO PANTI PAREDES**

Nombre :	ESTACION TOTAL	Precisión Angular :	05"
Marca :	LEICA	Lectura Mínima :	0.1"/01"/05"/10"
Modelo :	TS02POWER	Precisión de distancia :	Prisma: 1.5mm+2.0ppm No Prisma: 2 mm+2ppm
N° de Equipo :	4927460	Precisión con láser :	2mm+2ppm ²
Serie :	1354333	Alcance a Diana :	250 m
Art. N° :	765274	Reflectante (60mm x 60 mm)	
		Alcance :	3 500 m c/01 prisma-1.5 a 500m
		Lectura mínima :	01 mm

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nro : 3316-05-21

Fecha : 05/06/2021

ENTIDAD CERTIFICADORA: GEOTOP AQP E.I.R.L.

METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

Para controlar y calibrar los ángulos se contrastan con un colimador Original SOUTH modelo F420-3 de serie S22-170707 de precisión con telescopio de 40x en cuyo retículo enfocado al infinito el grosor de sus trazos esta dentro de 01" que es patronado periódicamente por una Estación Total TS-11 1" nueva de precisión 01" con el método de lectura Directa - Inversa.

Para controlar y calibrar la constante promedio en las distancias se hacen las mediciones en una base establecida con una Estación Total Marca LEICA modelo TS-11 1" nueva de precisión en distancia de +/- (1.0mm + 1.5 ppm x D) m.s.e. = líneas de la medida.

El control angular se ejecuta en la base soporte metálica fijada en cimiento específico del colimador SOUTH F420-3 a influencias del clima y enfocados los retículos al infinito.

Las distancias son medidas con la Estación Total instalada en una base fijada en el suelo y el prisma estacionado sobre un puesto de control tomando en consideración la temperatura y presión atmosférica.

MEDICIONES DE PATRON	MEDICIONES ANGULARES	DIF.
ANG. HZ: 00°00'00"/180°00'00"	00°00'00" / 179°59'57"	03"
ANG. V : 90°00'00" / 270°00'00"	90°00'00" / 269°59'57"	03"
INCERTIDUMBRE : ANGULARES +/- 05" Distancias +/- 03mm		

NORMA APLICADA

Desviación estándar basada en la norma ISO 17123-3 ISO 17123-4 Rango > 500m 1.5mm+2ppm para Estación LEICA TS02POWER 5" fabricado por LEICA GEOSYSTEM

CALIBRACION Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Calibración	Próxima Calibración	Observación
05/06/2021	X	X	06 meses	05/12/2021 % 100 OPERATIVO

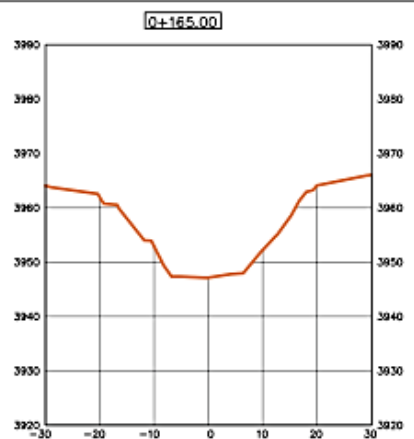
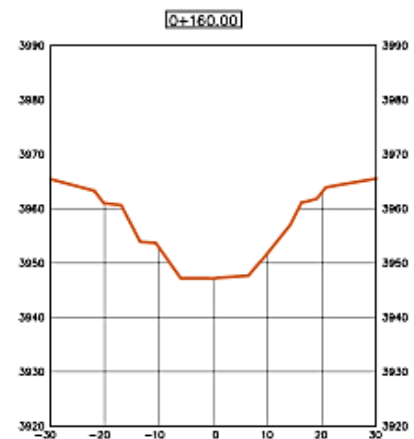
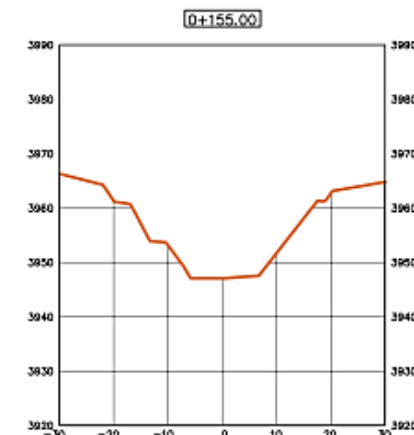
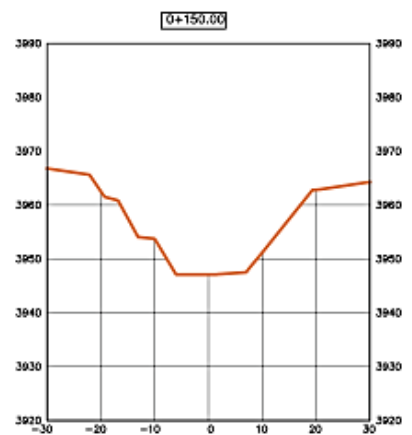
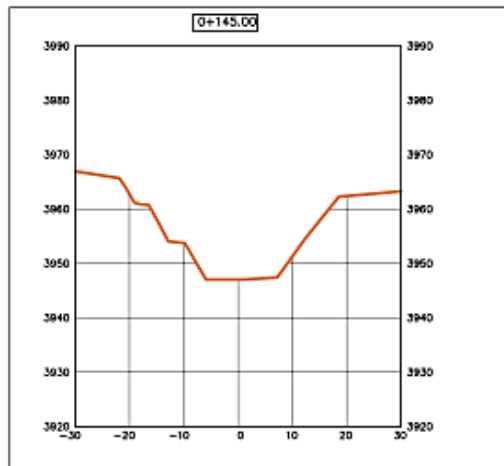
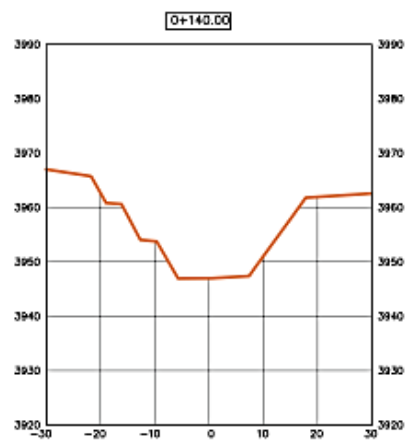
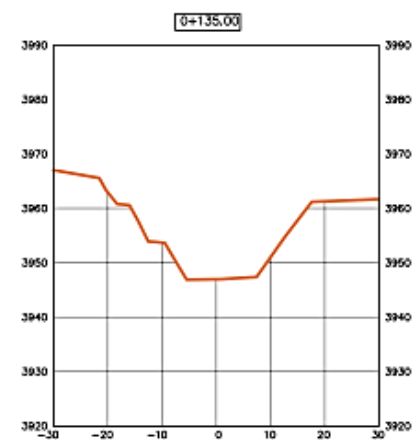
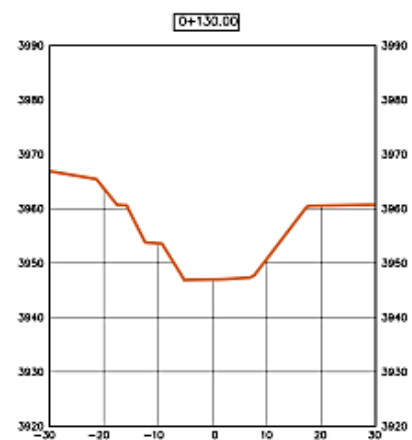
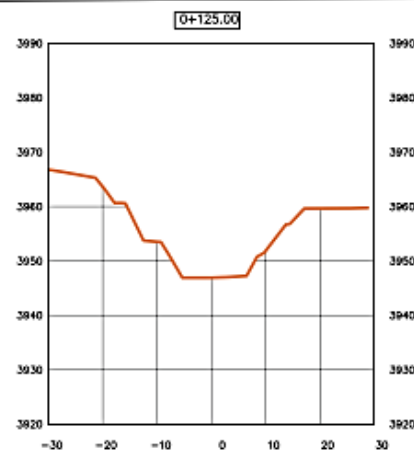
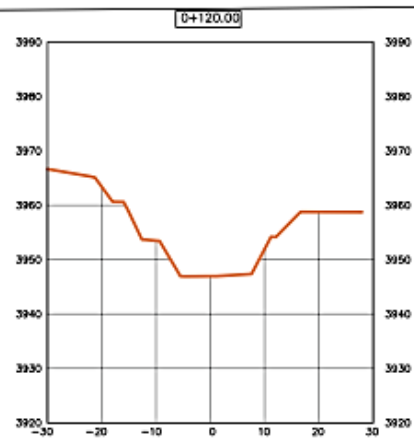
Responsable Técnico		GERENTE GENERAL
<p>www.geotopaqp.com.pe La solución GPS/GNSS</p> <p>Roy Narvaez Ponte JEFE DE LABORATORIO</p>		<p>GEO TOP AQP E.I.R.L.</p> <p>Ing. A. Pío Vitorino Andrade GERENTE GENERAL</p>

Calle Brasil N° 305 Urb. 15 Enero- Paucarpata- Arequipa ☎ 054-232410 ☎ 997956688/959997621
group.geotop.aqp@gmail.com geotopaqp@hotmail.com www.geotopaqp.com.pe

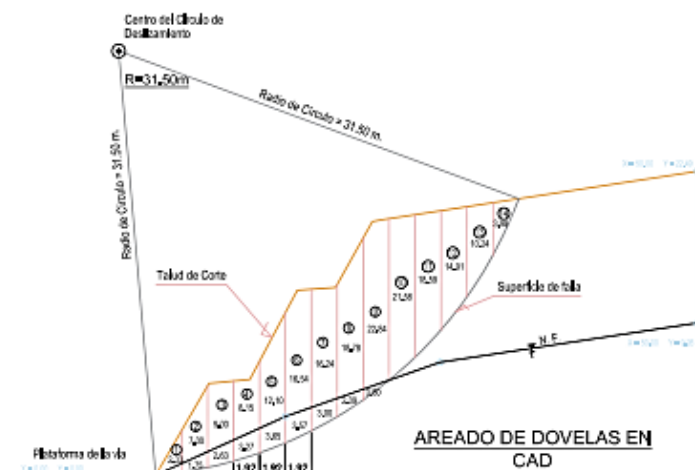
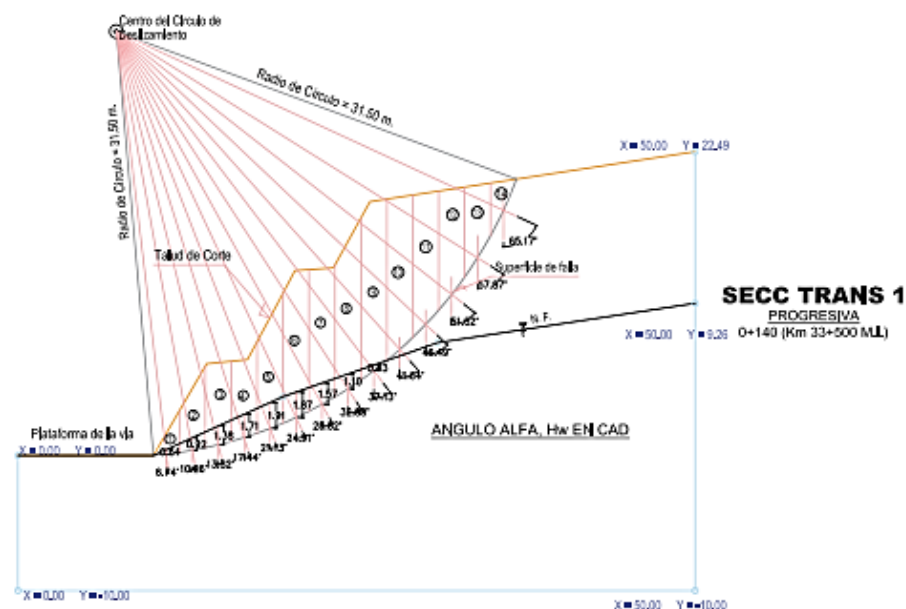
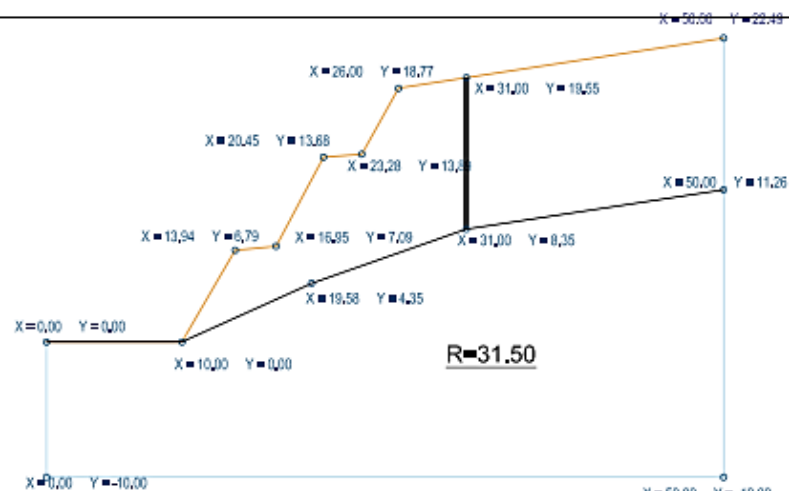
Anexo 5. Planos.

Perfil de Terreno

Estação	Elevação (Z) [m]
0+000	3245.7
0+020	3245.5
0+040	3246.0
0+060	3246.2
0+080	3246.5
0+100	3246.7
0+120	3246.8
0+140	3246.9
0+160	3247.0
0+180	3247.1
0+200	3247.2
0+220	3250.0
0+240	3247.2

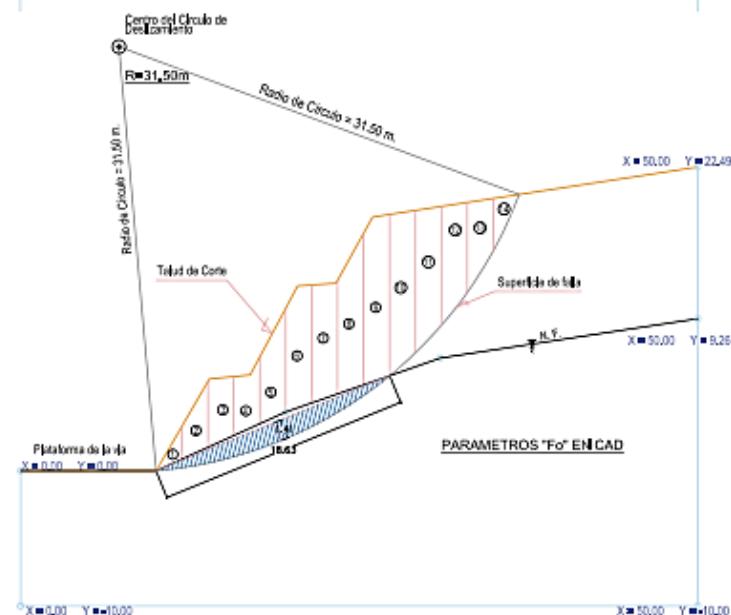


 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	PLANO:	SECCIONES TRANSVERSALES	TESISTA:	Jhon Angel Apaza MAQUERA
	ASESOR:	Mgr. Fredy Sinche Rocillo	DIRECCIÓN:	Puno - Perú
	PROYECTO:	Tests - Pre Grado	FECHA:	14/08/2021
			ESCALA:	s/e
			Nº PLANO:	02



SECC TRANS 1

PROGRESIVA
0+140 (Km
33+500 M.I.)

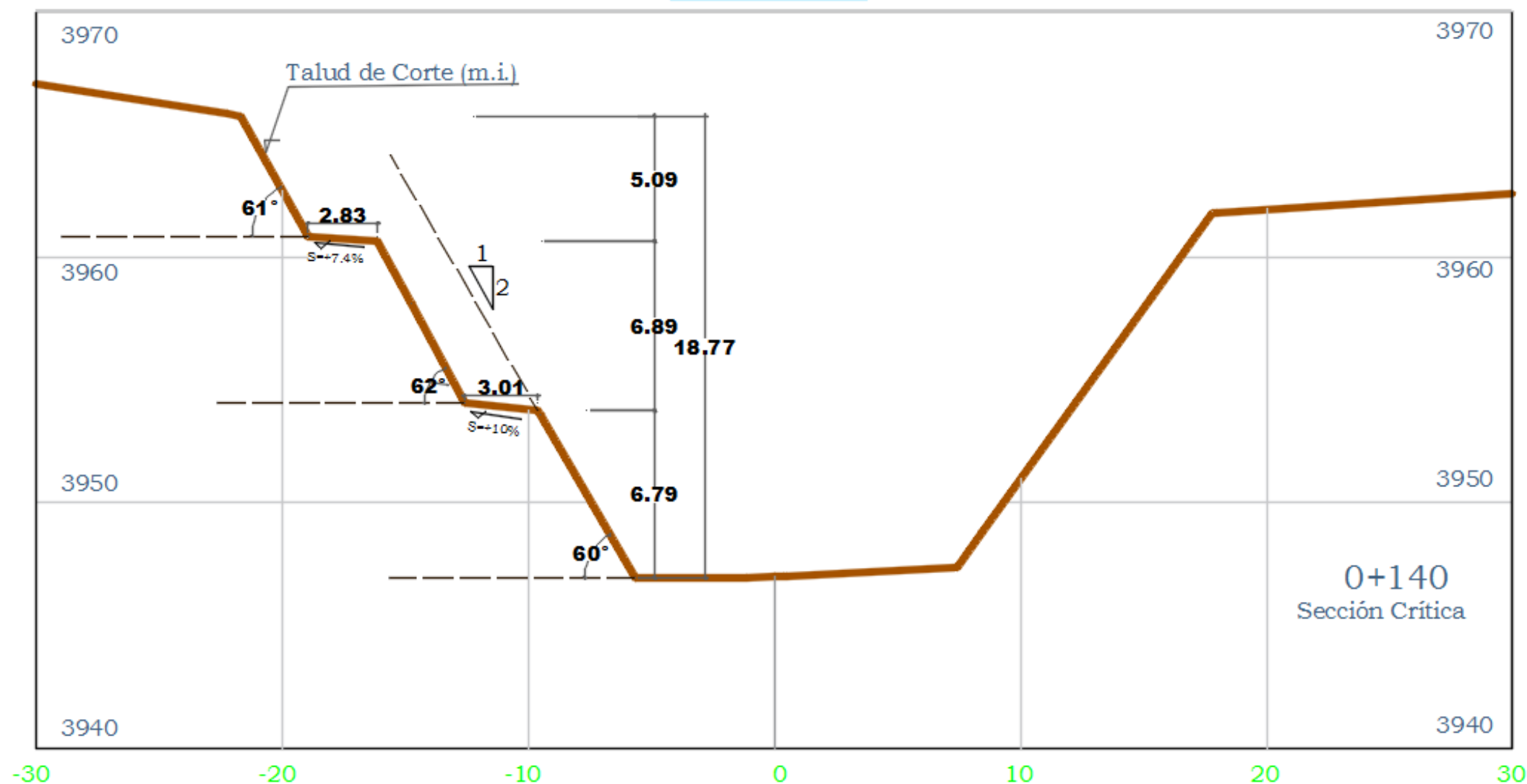


SECC TRANS 1
PROGRESIVA
0+140 (Km 33+500 M.I.)



PLANO:	SECCION DOVELAS	TESISTA:	Jhon Angel Apaza MAQUERA
ASESOR:	Mgr. Fredy Sinche Rocío	DIRECCIÓN:	Puno - Perú
PROYECTO:	Tests - Pre Grado	FECHA:	14/08/2021
		ESCALA:	s/e
		Nº PLANO:	03

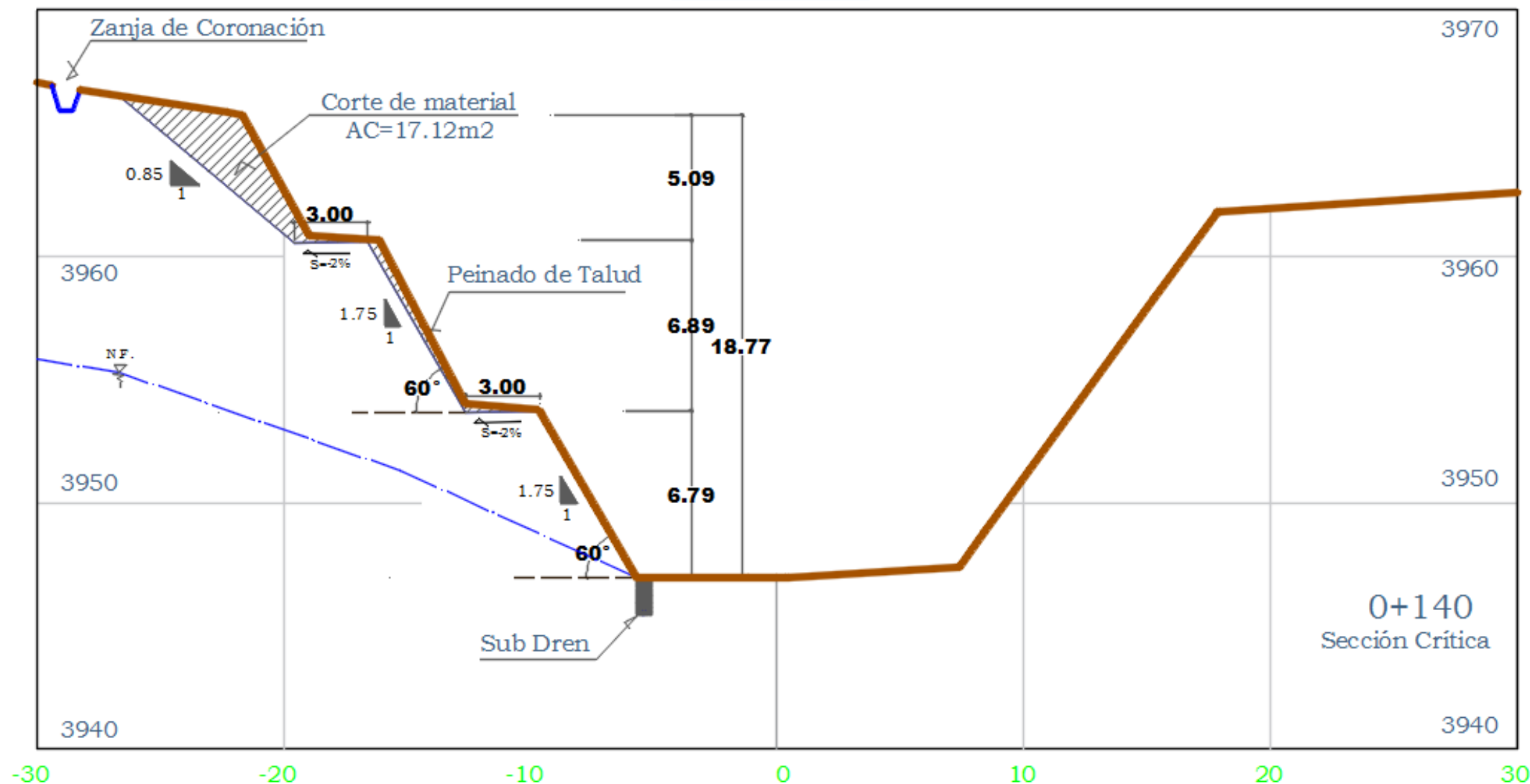
33+500



Sección Actual

FS = 1.244 (Condición Pseudo-estática para suelo saturado)

33+500



Sección Propuesta

FS = 1.250 (Condición Pseudo-estática para suelo saturado)

Anexo 6: Estudio de Mecánica de Suelos.

ESTUDIO DE SUELOS DE FUNDACION

**PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE
CORTE Km 33+500"**

UBICACIÓN :
DISTRITO ILAVE
PROVINCIA EL COLLAO
REGION PUNO

SOLICITA : TESISTA

CONTIENE :

1. ENSAYOS DE LABORATORIO

FECHA : AGOSTO DEL 2021



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 80658
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

GENERALIDADES

1.- INTRODUCCIÓN:

En el presente Informe Técnico, se refiere al ENSAYOS DE LABORATORIO para la obra: **"EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km 33+500"**

2.-UBICACIÓN:

El presente estudio se encuentra ubicado en el tramo Checa – Mazocruz Km. 33+500 del Distrito de Ilave, Provincia de El Collao, Región Puno; El estudio se realiza a solicitud del Tesista. Está ubicado en la provincia de El Collao, a una distancia de 56.7 km de la ciudad de Puno, por encima de los 3850 msnm, en el altiplano de los andes centrales.

Sus límites son: Limita por el Norte con el Distrito de Acora y provincia de Puno por el Este con el Lago Titicaca y distrito de Pilcuyo; por el Sur con el Distrito de Juli y por el Oeste con el Distrito de Acora y Juli.

3.- ACCESIBILIDAD:

A la zona del proyecto es accesible desde la localidad de Puno a través de la Carretera Puno – Desaguadero.

Cuadro Distancias a la Zona del Proyecto.

N°	TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (minutos)	TIPO DE VIA	VIA PRINCIPAL
1	PUNO - ILAVE	54.7	1.05	Asfaltado	PUNO - DESAGUADERO

4.-OBJETIVO:

El objetivo del estudio es proporcionar la información y recomendaciones necesarias para la tesis, y que el tesista pueda tomar decisiones para el mencionado proyecto.

La presente trata de la evaluación del subsuelo de la zona, destinada para el “EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km 33+500” a partir de la caracterización geológica, geotécnica del área del proyecto mediante el desarrollado del programa de exploración del subsuelo según lo exigido en las Normas Técnicas ASTM.

5.- MÉTODO DE TRABAJO:

EN CAMPO:

- Reconocimiento del lugar del proyecto y la realización de 2 calicatas y toma de muestras respectivas, como también el ensayo D.P.L.

EN LABORATORIO:

- Los Ensayos realizados de la muestra son de acuerdo a las normas y procedimientos de la A. S. T. M. Y las normas del M. T. C.

La muestra ensayada en el Laboratorio tiene las siguientes características físicas:

- Tiene una superficie relativamente Áspera.
- Tiene un color plomo ceniza.
- Tiene una textura homogénea.

Se adjuntan los resultados de los Ensayos realizados:

- | | |
|---|--------------------------|
| • Análisis granulométricos por tamizado | ASTM D - 422, MTC E 107 |
| • Límite Líquido | ASTM D - 4318, MTC E 110 |
| • Límite e Índice Plástico | ASTM D - 4318, MTC E 111 |
| • Contenido de humedad | ASTM D - 2216, MTC E 108 |
| • Clasificación SUCS | ASTM D - 2487 |
| • Clasificación AASTHO | ASTM D - 328 |



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Se realizaron la evaluación de 02 Calicatas y 02 ensayos D.P.L. que son para los trabajos del Proyecto: **"EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km 33+500"**.

2.- Las prospecciones geotécnicas directas se realizaron mediante trabajos de calicatas, que consiste en excavar con Pico y Pala, los suelos de fundación con recuperación de muestra, estas son colocados en bolsas herméticas con su descripción respectiva, y se seleccionaron muestras representativas para ser ensayadas en laboratorio. En este sentido se realizaron ensayos estándares (análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de atterberg, densidad mínima y máxima), ensayos especiales (corte directo en suelo) para los tipos de suelo encontrados.

3.- Es así que las características de los suelos en las progresivas 33 + 500 en el corte de talud del tramo Checa – Mazocruz vienen siendo:

NUMERO DE CALICATA	ESTRATO	% QUE PASA N° DE MALLAS				HUMEDAD NATURAL	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD	SUCS	AASHTO
		4	10	40	200						
C - 01	E - 01	78.92	67.89	64.85	58.78	12.92	23.26	18.22	5.04	ML - CL	A-4 (5)
C - 02	E - 01	95.70	81.29	75.07	66.10	22.89	37.47	27.23	10.24	ML	A-6 (6)

4.- Según los ensayos de D.P.L. en la calicata 01 tiene un ángulo de fricción de 26.03 y una cohesión de 0.6; en la calicata 02 tiene un ángulo de fricción de 24.58 y una cohesión de 1.33.

5.- Para su mayor evaluación de los resultados obtenidos, se adjuntan al presente los certificados correspondientes, de los ensayos realizados.

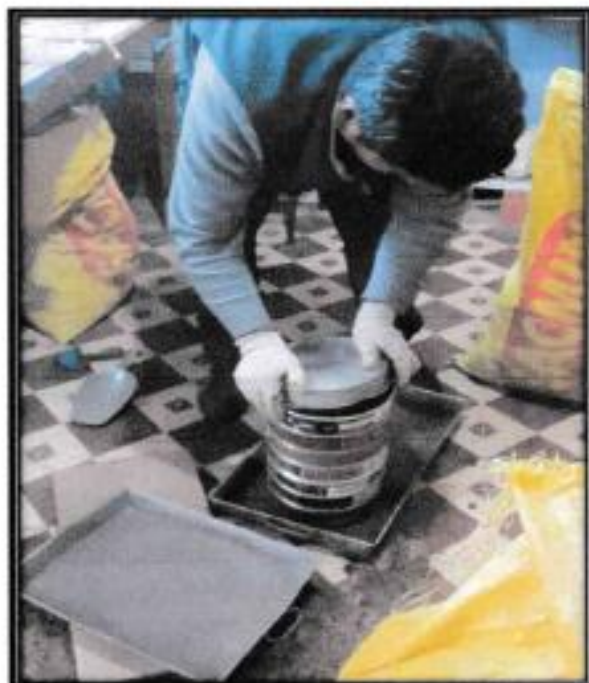


Ing. JULIO CEBEDARIZACA
CIP 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía 01: Vista de los equipos de laboratorio para realizar los ensayos de laboratorio.



Fotografía 02: Vista de la realización del ensayo de granulometría por el personal técnico.


Ing. JULIO ESCOBEDO ARZACA
CIP: 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA



Fotografía 03: Vista de los equipos de laboratorio para realizar los ensayos de límites de consistencia personal técnico preparando muestras.





Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 90668
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA


REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"	FECHA	: 04/08/2021
TRAMO	: CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500	ING. JEFE ROYECTO.	: J.E.A.
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.	ING. RESPONS.	: 0
MUESTRA	: CALICATA 01 0.00 a 1.00 m	ASIST. GEOTECNIA.	: L.A.E.P.
SECTOR	: ILAVE	TECNICO	: L.A.E.P.

CALICATA Nº	: CALICATA 01 0.00 a 1.00 m	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
SECTOR	: ILAVE	ANCHO	: 0.70 m.
PROGRESIVA	:	LARGO	: 1.20 M.
LADO	:	PROFUNDIDAD	: 1.00 M.
MUESTRA DE	: CALICATA ALTERADA		

CARACTERISTICAS GEOTECNICAS												
PROF.	SIMB.	DESCRIPCIÓN	% QUE PASA Nº DE MALLAS				HUMEDAD NATURAL	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	SUCS	AASHO
			4	10	40	200						
- 0.10		Estrato conformado por Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad y Arcilla limosa	78.92	67.89	64.85	58.78	12.92	23.26	18.22	5.04	ML-CL	A-4 (5)
- 0.20												
- 0.30												
- 0.40												
- 0.50												
- 0.60												
- 0.70												
- 0.80												
- 0.90												
- 1.00												
- 1.10												
- 1.20												
- 1.30												
- 1.40												
- 1.50												
- 1.60												
- 1.70												
- 1.80												
- 1.90												
- 2.00												
- 2.10												
- 2.20												
- 2.30												
- 2.40												
- 2.50												
- 2.60												
- 2.70												
- 2.80												
- 2.90												
- 3.00												

Observaciones:





Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA



LABORATORIO DE GEOTECNIA
MECANICA DE SUELOS ,
CONTROL DE CALIDAD,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108 - 2000

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"
TRAMO : CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500
UBICACIÓN : DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.
MUESTRA : CALICATA 01 0.00 m. - 1.00 m.
SECTOR : ILAVE

FECHA : 04/08/2021
ING. JEFE ROYECTO.
ING. RESPONS. : J.E.A.
ASIST. GEOTECNIA. : 0
TECNICO : L.A.E.P.

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL

Nro. De Tarro	Nº	1	1		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	1,822.00	1,822.00		
T. + Suelo Seco	Gr.	1,719.00	1,719.00		
Agua	Gr.	103.00	103.00		
Peso del Tarro	Gr.	922.00	922.00		
Suelo Seco	Gr.	797.00	797.00		
% de Humedad	%	12.92	12.92		
% de Humedad promedio	%	12.92			

Observaciones:



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
 CIP: 90558
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
 GEOTECNIA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107)

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"	FECHA	: 04/08/2021
TRAMO	: CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500	ING. JEFE PROYECTO.	: J.E.A.
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.	ING. ESPECIALISTA	: J.E.A.
MUESTRA	: CALICATA 01 0.00 m. - 1.00 m.	ASIST. GEOTECNIA	: L.A.E.P.
SECTOR	: ILAVE	TECNICO	: L.A.E.P.

Nº DE MALLAS EN SERIE AMERICANA	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETEN. PARCIAL	% RETEN. ACUMUL.	% QUE PASA	
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	78.00	9.79	9.79	90.21	
1"	25.40	48.00	6.02	15.81	84.19	
3/4"	19.05	24.00	3.01	18.82	81.18	
1/2"	12.70	18.00	2.26	21.08	78.92	
3/8"	9.53	18.00	2.26	23.34	76.66	
1/4"	6.35	0.00	0.00	23.34	76.66	
Nº 4	4.76	45.00	5.65	28.98	71.02	
Nº 6	3.36	0.00	0.00	28.98	71.02	
Nº 8	2.38	0.00	0.00	28.98	71.02	
Nº 10	2.00	35.03	3.12	32.11	67.89	
Nº 16	1.19	0.00	0.00	32.11	67.89	
Nº 20	0.84	20.40	1.82	33.92	66.08	
Nº 30	0.59	0.00	0.00	33.92	66.08	
Nº 40	0.43	13.82	1.23	35.15	64.85	
Nº 50	0.30	0.00	0.00	35.15	64.85	
Nº 80	0.18	0.00	0.00	35.15	64.85	
Nº 100	0.15	36.73	3.27	38.43	61.57	
Nº 200	0.07	31.29	2.79	41.22	58.78	
200.00		659.73	58.78	100.00	-	

NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.

DATOS INICIALES

Peso Inicial : 797.00
Peso Fracción : 797.00

RESULTADOS DEL ENSAYO

Limite Líquido : 23.26 %
Limite Plástico : 18.22 %
Índice Plástico : 5.04 %

CLASIFICACION DE SUELOS:

AASHTO : A-4 (5)

SUCS : ML-CL

IG : 0

CC

CU

Hum. Natural : 12.92 %

Dens. Proctor. :

Cont.H.Optima :

C.B.R. Al 100% :

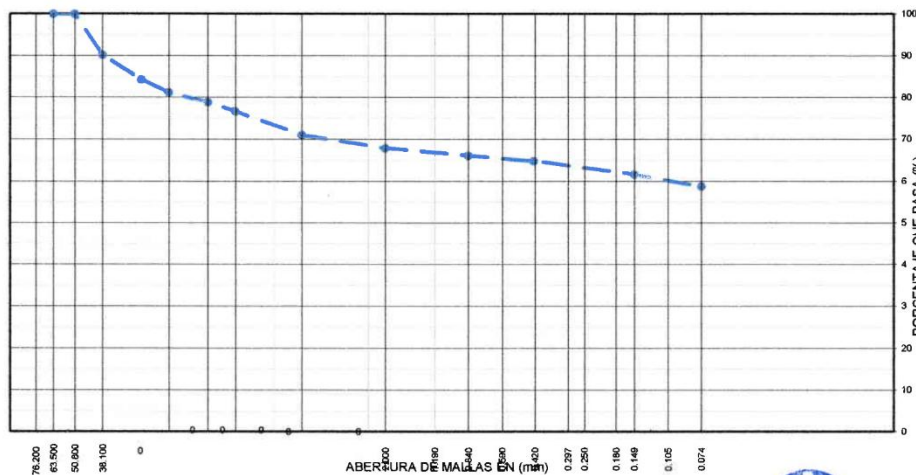
C.B.R. Al 95% :

EQUIV.ARENA. :

ABR. ANGELES. :

Estrato conformado por Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad y Arcilla limosa

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318 (MTC E110 Y MTC E111)

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"	FECHA	: 04/08/2021
TRAMO	: CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500	ING. JEFE ROYECTO.	
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.	ING. RESPONS.	: J.E.A.
MUESTRA	: CALICATA 01 0.00 m. - 1.00 m.	ASIST. GEOTECNIA.	: 0
SECTOR	: ILAVE	TECNICO	: L.A.E.P.

LIMITE LIQUIDO (MTCE 110 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	5	7		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	43.36	35.93		
T. + Suelo Seco	Gr.	38.17	31.89		
Agua	Gr.	5.19	4.04		
Peso del Tarro	Gr.	15.30	14.94		
Suelo Seco	Gr.	22.87	16.95		
% de Humedad	%	22.69	23.83		
Nro. De Golpes	Nº	32	18		

LIMITE PLASTICO (MTCE 111 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	52	52		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	17.93	17.93		
T. + Suelo Seco	Gr.	17.50	17.50		
Agua	Gr.	0.43	0.43		
Peso del Tarro	Gr.	15.14	15.14		
Suelo Seco	Gr.	2.36	2.36		
% de Humedad	%	18.22	18.22		
Humedad Promedio	%		18.22		

DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121} = 23.26 \%$$

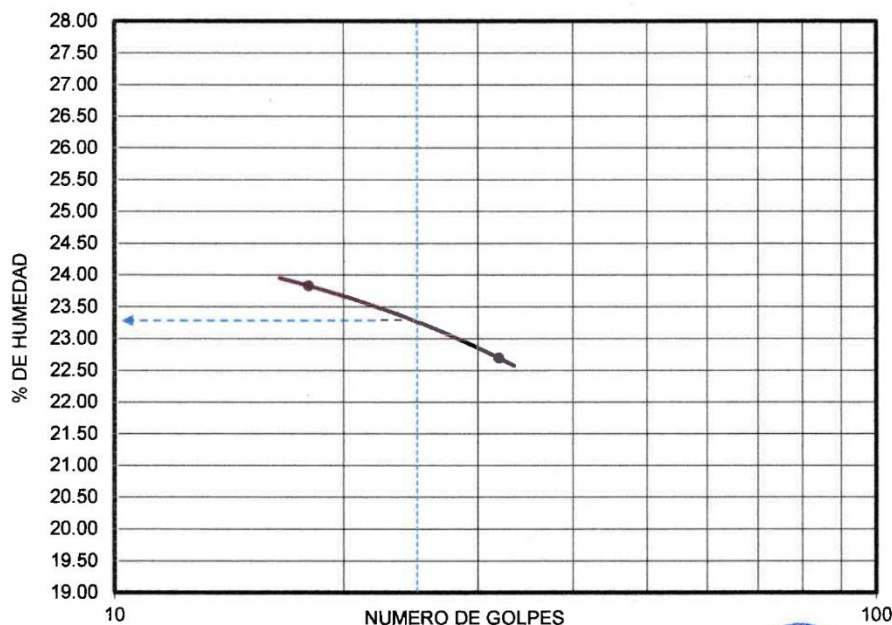
¿DONDE

LL = Límite Líquido
Wn = Contenido de humedad prom
N = Número de Golpes

L.L. 23.26 %

L.P. 18.22 %

I.P. 5.04 %



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"	TÉCNICO	L.A.E.P.
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.	ING. RESP.	JULIO ESCOBEDO A.
TRAMO	: CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500	FECHA	5 de agosto de 2021
MUESTRA	: SECO		
CALICATA	: 01		

MATERIAL

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	9159.000	9159.000	9159.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	16676.000	16678.000	16679.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	7517.000	7519.000	7520.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5462.000	5462.000	5462.000
PESO UNITARIO KG/M ³ ,	1.376	1.377	1.377
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ ,		1377	

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	9159.000	9159.000	9159.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	17243.000	17242.000	17244.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8084.000	8083.000	8085.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5462.000	5462.000	5462.000
PESO UNITARIO KG/M ³ ,	1.480	1.480	1.480
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ ,		1480	
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ ,			



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"	TÉCNICO	L.A.E.P.
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.	ING. RESP.	JULIO ESCOBEDO A.
TRAMO	: CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500	FECHA	5 de agosto de 2021
MUESTRA	: HUMEDO		
CALICATA	: 01		

MATERIAL

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	9159.000	9159.000	9159.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	16459.000	16462.000	16466.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	7300.000	7303.000	7307.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5462.000	5462.000	5462.000
PESO UNITARIO KG/M ³ ,	1.337	1.337	1.338
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M ³ ,	1337		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	9159.000	9159.000	9159.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	17433.000	17438.000	17441.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8274.000	8279.000	8282.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5462.000	5462.000	5462.000
PESO UNITARIO KG/M ³ ,	1.515	1.516	1.516
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M ³ ,	1516		
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ .			



Ing JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA


REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"	FECHA	: 04/08/2021
TRAMO	: CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500	ING. JEFE PROYECTO	:
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.	ING. RESPON.	: J.E.A.
MUESTRA	: CALICATA 02 0.00 a 1.00 m	ASIST. GEOTECNIA	: 0
SECTOR	: ILAVE	TECNICO	: L.A.E.P.

CALICATA N°	: CALICATA 02 0.00 a 1.00 m	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
SECTOR	: ILAVE	ANCHO	: 0.70 m.
PROGRESIVA	:	LARGO	: 1,20 M.
LADO	:	PROFUNDIDAD	: 1.00 M.
MUESTRA DE	: CALICATA ALTERADA		

CARACTERISTICAS GEOTECNICAS												
PROF.	SIMB.	DESCRIPCIÓN	% QUE PASA Nº DE MALLAS				HUMEDAD NATURAL	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	SUCS	AASHTO
			4	10	40	200						
			- 0.10		Estrato conformado por Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.	95.70	81.29	75.07	66.10	22.89	37.47	27.23
- 0.20												
- 0.30												
- 0.40												
- 0.50												
- 0.60												
- 0.70												
- 0.80												
- 0.90												
- 1.00												
- 1.10												
- 1.20												
- 1.30												
- 1.40												
- 1.50												
- 1.60												
- 1.70												
- 1.80												
- 1.90												
- 2.00												
- 2.10												
- 2.20												
- 2.30												
- 2.40												
- 2.50												
- 2.60												
- 2.70												
- 2.80												
- 2.90												
- 3.00												

Observaciones:



Observaciones:



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN VILLA ZUÑIGA - JR. VELA VELA N° 420
TELÉFONO: 051 - 365471. CELULAR: RPM #956687520 - 953704686
PUNO - PERÚ

Jr. CUSCO N° 388 AYAVIRI
CELULAR: 950063838

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107)

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"	FECHA	: 04/08/2021
TRAMO	: CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500	ING. JEFE PROYECTO.	:
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.	ING. ESPECIALISTA.	: J.E.A.
MUESTRA	: CALICATA 02 0.00 m. - 1.00 m.	ASIST. GEOTECNIA.	:
SECTOR	: ILAVE	TECNICO	: L.A.E.P.

Nº DE MALLAS EN SERIE AMERICANA	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETEN. PARCIAL	% RETEN. ACUMUL.	% QUE PASA	
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.70	28.00	4.30	4.30	95.70	
3/8"	9.53	20.00	3.07	7.37	92.63	
1/4"	6.35	0.00	0.00	7.37	92.63	
Nº 4	4.76	38.00	5.84	13.21	86.79	
Nº 6	3.36	0.00	0.00	13.21	86.79	
Nº 8	2.38	0.00	0.00	13.21	86.79	
Nº 10	2.00	41.27	5.50	18.71	81.29	
Nº 16	1.19	0.00	0.00	18.71	81.29	
Nº 20	0.84	27.89	3.72	22.43	77.57	
Nº 30	0.59	0.00	0.00	22.43	77.57	
Nº 40	0.43	18.78	2.50	24.93	75.07	
Nº 50	0.30	0.00	0.00	24.93	75.07	
Nº 80	0.18	0.00	0.00	24.93	75.07	
Nº 100	0.15	35.72	4.76	29.70	70.30	
Nº 200	0.07	31.52	4.20	33.90	66.10	
200.00		495.82	66.10	100.00	-	

NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107.

DATOS INICIALES

Peso Inicial : 651.00

Peso Fracción : 651.00

RESULTADOS DEL ENSAYO

Limite Liquido : 37.47 %

Limite Plastico : 27.23 %

Indice Plastico : 10.24 %

CLASIFICACION DE SUELOS:

AASHTO : A-6 (6)

SUCS : ML

IG : 0

CC :

CU :

Hum. Natural : 22.89 %

Dens. Proctor. :

Cont.H.Optima :

C.B.R. Al 100% :

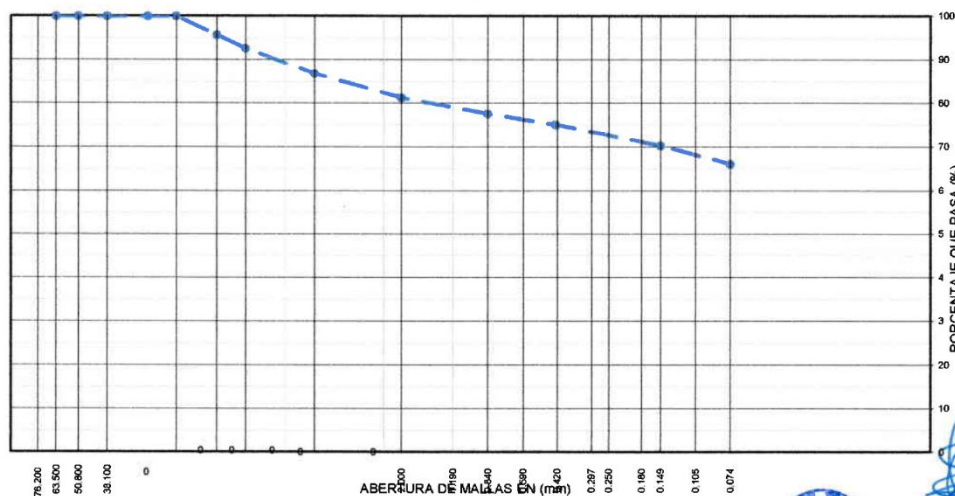
C.B.R. Al 95% :

EQUIV.ARENA. :

ABR. ANGELES. :

Estrato conformado por Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN VILLA ZUÑIGA - JR. VELA VELA Nº 420
TELÉFONO: 051 - 365471. CELULAR: RPM #956687520 - 953704686
PUNO - PERÚ

Jr. CUSCO Nº 388 AYAVIRI
CELULAR: 950063838

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318 (MTC E110 Y MTC E111)

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"	FECHA	: 04/08/2021
TRAMO	: CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500	ING. JEFE PROYECTO.	
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.	ING. RESPONS.	: J.E.A.
MUESTRA	: CALICATA 02 0.00 m. - 1.00 m.	ASIST. GEOTECNIA.	: 0
SECTOR	: ILAVE	TECNICO	: L.A.E.P.

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	14	39			
T. + Suelo Húmedo	Gr.	28.08	23.19			
T. + Suelo Seco	Gr.	24.66	20.54			
Agua	Gr.	3.42	2.65			
Peso del Tarro	Gr.	15.22	13.42			
Suelo Seco	Gr.	9.44	7.12			
% de Humedad	%	36.23	37.22			
Nro. De Golpes	Nº	35	24			

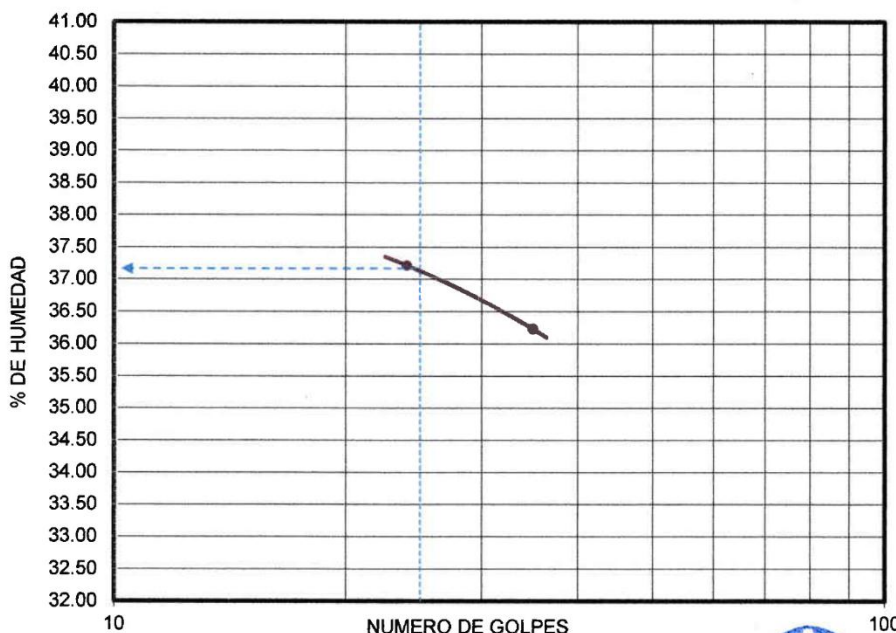
LIMITE PLASTICO (MTC E 111 - 2000)

Nro. De Tarro	Nº	51	51		
T. + Suelo Húmedo	Gr.	17.81	17.81		
T. + Suelo Seco	Gr.	17.29	17.29		
Agua	Gr.	0.52	0.52		
Peso del Tarro	Gr.	15.38	15.38		
Suelo Seco	Gr.	1.91	1.91		
% de Humedad	%	27.23	27.23		
Humedad Promedio	%		27.23		

DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121} = 37.47 \%$
¿DONDE
 LL = Límite Líquido
 Wn = Contenido de humedad prom
 N = Número de Golpes

L.L.	37.47 %
L.P.	27.23 %
I.P.	10.24 %



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"	TÉCNICO	L.A.E.P.
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.	ING. RESP.	JULIO ESCOBEDO A.
TRAMO	: CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500	FECHA	5 de agosto de 2021
MUESTRA	: SECO		
CALICATA	: 02		

MATERIAL

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	9159.000	9159.000	9159.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	16645.000	16647.000	16648.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	7486.000	7488.000	7489.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5462.000	5462.000	5462.000
PESO UNITARIO KG/M ³ ,	1.371	1.371	1.371
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ ,	1371		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	9159.000	9159.000	9159.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	17236.000	17235.000	17238.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8077.000	8076.000	8079.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5462.000	5462.000	5462.000
PESO UNITARIO KG/M ³ ,	1.479	1.479	1.479
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ ,	1479		
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ ,			



Ing JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"	TÉCNICO	L.A.E.P.
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.	ING. RESP.	JULIO ESCOBEDO A.
TRAMO	: CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500	FECHA	5 de agosto de 2021
MUESTRA	: HUMEDO		
CALICATA	: 02		

MATERIAL

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	9159.000	9159.000	9159.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	16450.000	16454.000	16454.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	7291.000	7295.000	7295.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5462.000	5462.000	5462.000
PESO UNITARIO KG/M ³ ,	1.335	1.336	1.336
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M ³ ,	1335		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	9159.000	9159.000	9159.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	17458.000	17462.000	17464.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8299.000	8303.000	8305.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5462.000	5462.000	5462.000
PESO UNITARIO KG/M ³ ,	1.519	1.520	1.521
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M ³ ,	1520		
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ .			



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
C.I.P. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"
UBICACIÓN : DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.
TRAMO : CHECA - MAZOCRUZ: Km. 33+500
CALICATA : 01 y 02
FECHA : 05/08/2021

**PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION AGREGADO GRUESO
(ASTM C-128 NTP 400.022)**

METODO DE LA CANASTILLA				
MUESTRA : CANTERA		IDENTIFICACION		Promedio
		1	2	
1	Peso de material Sat. Superf. Seca (en el aire) (A) g	401.00	401.00	
2	Peso de material Sat. Superf. Seca (en el agua) (B) g	189.00	189.00	
3	Vol.de Masa+ Vol. De Vacios g	212.00	212.00	
4	Peso de Mat. Seco en seco Estufa g	372.00	372.00	
5	Volumen de Masa (C) g	548.80	548.80	
6	Nº de posillo g	D	D	
7	Peso Especifico Bulk (Base Seca) A/(B-C) g/cm ³	1.755	1.755	1.755
8	Peso Especifico Bulk (Base Saturada) B/(B-C) g/cm ³	1.892	1.892	1.892
9	Peso Especifico Aparente A/(A-C) g/cm ³	0.678	0.678	0.678
10	Porcentaje de absorción (B-A)*100/A(%)	7.80	7.80	7.796



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
C.P. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

REGISTRO DE SONDAJE

SONDAJE : DPL - 1

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"

Ing. RESP. : JULIO ESCOBEDO ARIZACA

TEC. LABORATORIO: L.A.E.P.

SOLICITANTE : TESISTA

FECHA DE ENSAYO: : 03/08/2021

UBICACIÓN : DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.

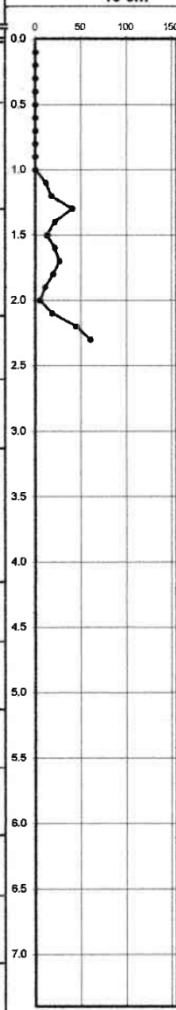
PROF. ALCANZADA (m) : 2.30 m

FECHA : miércoles, 04 de agosto de 2021

PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : 0.00

ESTRUCTURA : CORTE DE TALUD - PIE DE TALUD

MUESTRA : CALICATA 01

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N _{DPL} = N° de golpes 10 cm
			N DPL	Φ (°) suelo friccionante	C (KPa/cm²) suelo cohesivo	
1.00	Estrato conformado por Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad y Arcillas limosas	ML-CL	23	36.4	-	
			23	-	0.86	
2.00			41	-	1.54	
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						

OBSERVACIONES

promedio angulo de friccion

26.03

0.6



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

REGISTRO DE SONDAJE

SONDAJE : DPL - 1

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE Km. 33+500"

Ing. RESP. : JULIO ESCOBEDO ARIZACA

SOLICITANTE : TESISTA

UBICACIÓN : DISTRITO DE ILAVE, PROV. DE EL COLLAO, DEP. PUNO.

FECHA : miércoles, 04 de agosto de 2021

ESTRUCTURA : CORTE DE TALUD - PIE DE TALUD EN BANQUETA

TEC. LABORATORIO: L.A.E.P.

FECHA DE ENSAYO:

PROF. ALCANZADA (m)

PROF. NIVEL FREÁTICO (m)

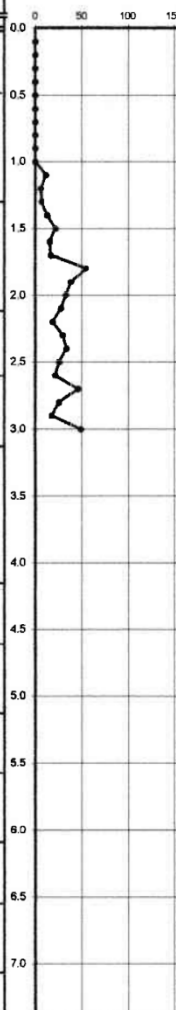
MUESTRA

: 03/08/2021

: 3.00 m

: 0.00

CALICATA 02

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N _{DPL} = $\frac{N^{\circ} \text{ de golpes}}{10 \text{ cm}}$
			N DPL	Φ (°) suelo friccionante	C (K _a /cm ²) suelo cohesivo	
1.00	Estrato conformado por Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	ML	8	27.6	-	
2.00			29	-	1.09	
3.00			25	-	0.94	
4.00			31	-	2.33	
5.00			49	-	3.68	
6.00						
7.00						
8.00						

OBSERVACIONES

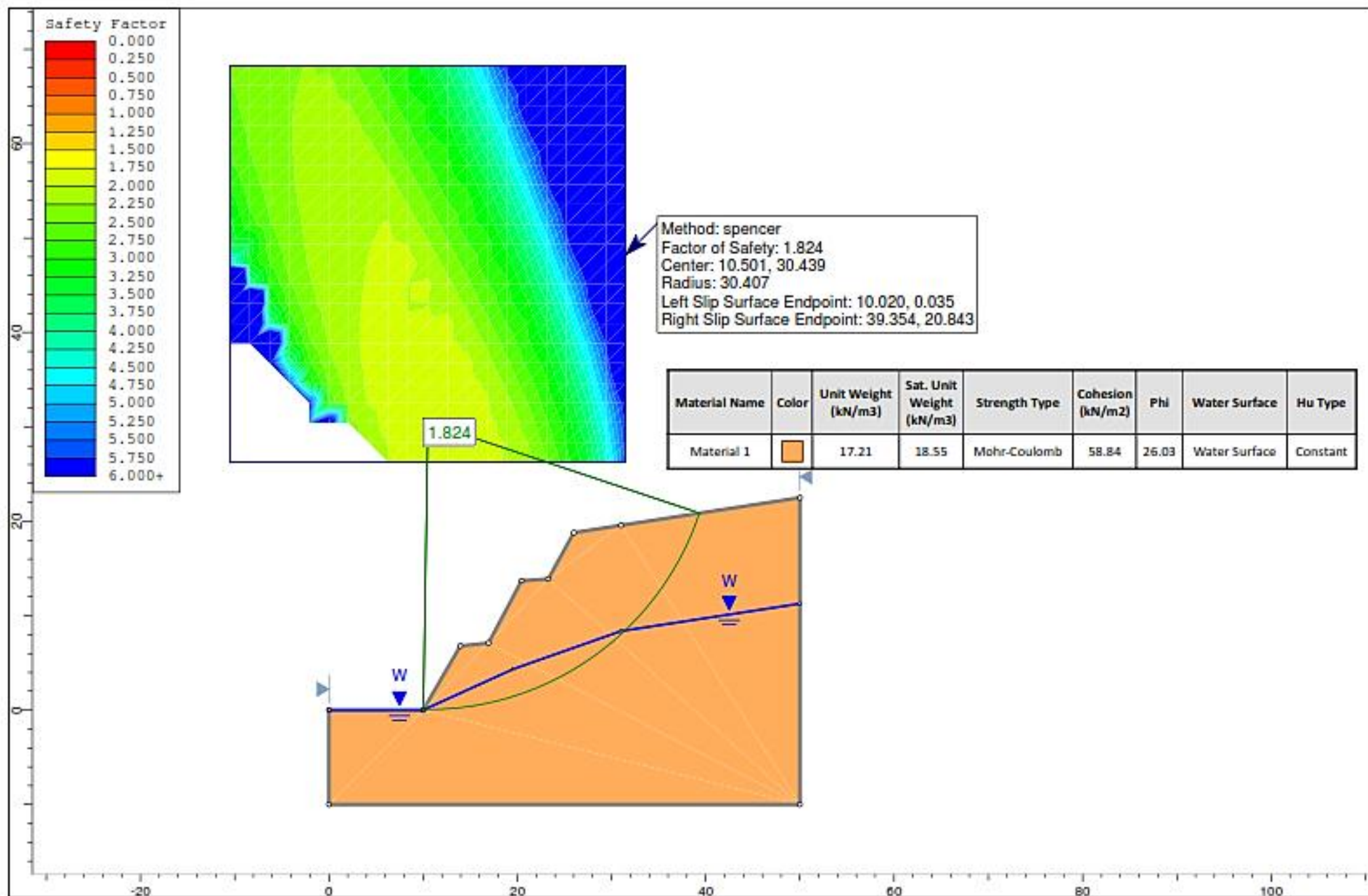
promedio angulo de friccion

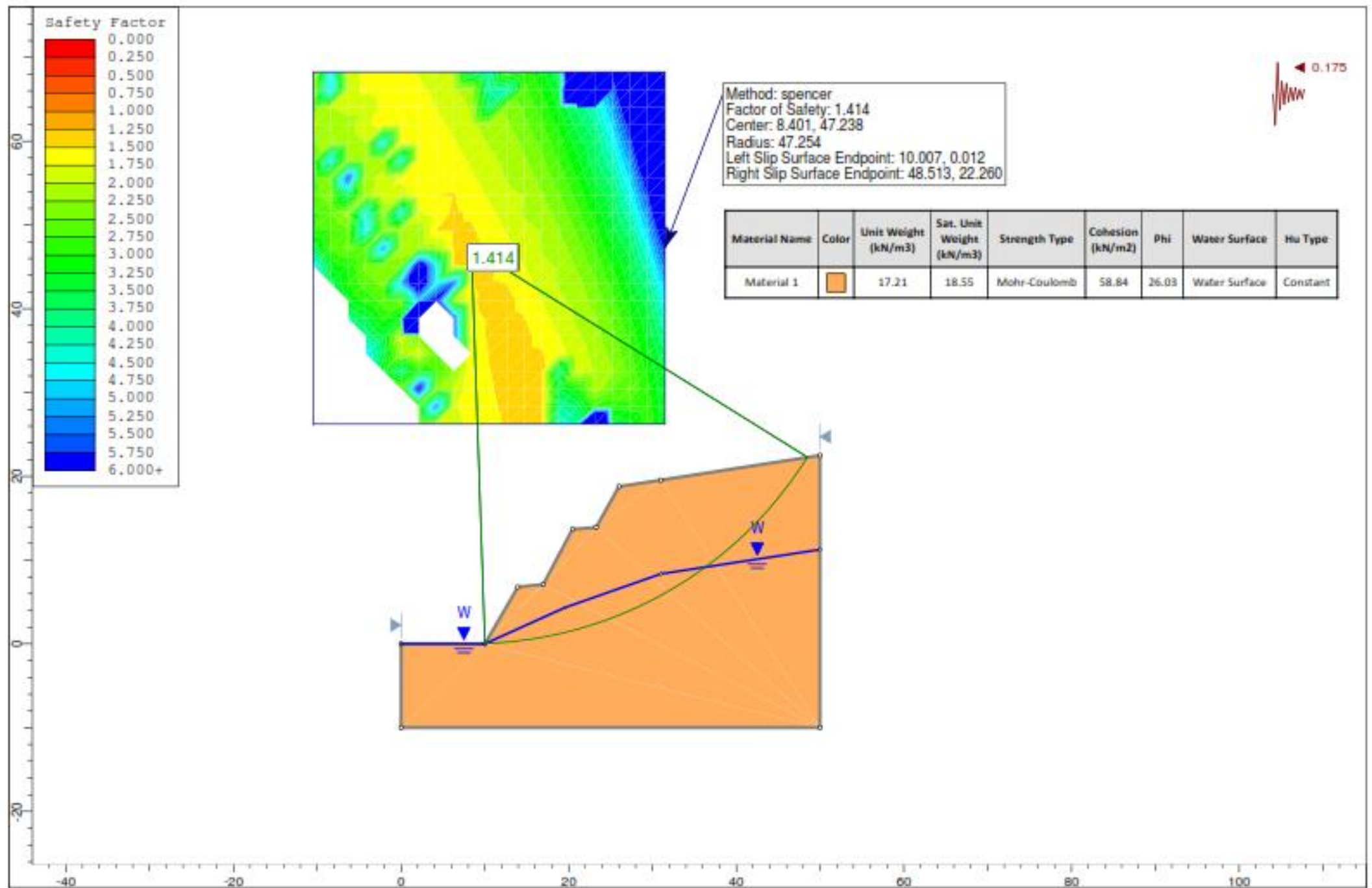
24.58 1.3375



Ing JULIO ESCOBEDO ARIZACA
C.P. 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTO
GEOTECNIA

Anexo 7. Métodos Rigurosos (Slide).





Anexo 8. Juicio de Expertos (Validación de Datos e Instrumentos).

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

Título de Investigación: "Evaluación de la Estabilidad Talud de Corte Ejecutado En La Carretera Nacional PE-38A KM 33+500 Departamento de Puno - 2021"

Apellidos y Nombres del Experto: APAZA MAQUERA, Sergio Efrain

Carrera: Ing. Civil

CIP: 86940

Especialista en Obras de Infraestructura Vial

Apellidos y Nombres del Investigador: Apaza Maquera, Jhon Angel

ASPECTOS A EVALUAR				OPINIÓN DEL EXPERTO (cumple?)		
VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	Si	No	OBSERVACIONES
Variable Independiente: Talud de Corte	Propiedades mecánicas de la masa de tierra (Estado de suelo, resistencia al corte, flujo de agua)	Peso específico natural y saturado (kg/m ³), Cohesión (kg/cm ²), Ángulo de fricción interna ϕ (°), Nivel de agua subterránea (m)	Estudio de Suelos (Exploración, muestreo, DPL, equipos de laboratorio)	✓		* las propiedades mecánicas de la masa de suelo, han sido obtenidos correctamente mediante ensayo DPL en campo, y laboratorio
	Inclinación de superficie en base a la horizontal	Relación (H:V), o ángulo de inclinación (°)	Levantamiento topográfico (Estación total, GPS, otros)	✓		* Se realizó el levantamiento topográfico mediante Estación Total, con certificado de calibración vigente, obteniéndose (256) puntos topográficos del sector.
Variable Dependiente: Condiciones (Estabilidad o Inestabilidad)	Superficie de falla (curvos)			✓		* los métodos aproximados son correctamente aplicados al tipo de suelo con forma circular de superficie de falla
	Factor de seguridad (Estática, Pseudo-estática)	Condición ESTABLE: Estática FS > 1.50, Pseudo-estática FS > 1.25 (Método dovelas: Bishop, Jambu simplificado, Fellenius)	Hoja Excel, Autocad, Software SLIDE	✓		* El análisis de estabilidad del talud de corte, se ha efectuado para condiciones estática y pseudo-estática para diferentes estados del suelo, resultando en suelo saturado la más crítica.
	Propuesta de Solución (Técnicas de estabilización)					* Ante la inestabilidad del talud de corte comprobado, se plantea la solución óptima, según criterios de Ingeniería funcional, seguro y económico.

SERGIO EFRAIN APAZA MAQUERA
INGENIERO CIVIL REG. CIP. 86940
ESPECIALISTA EN MONITOREO Y SEGUIMIENTO
DEL EERCC-DGPPT-MTC

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Sergio Efraín APAZA MAQUERA con CIP N.º 86940, como Ingeniero Civil – Especialista en Obras de Infraestructura Vial, por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación de datos, instrumentos y los efectos de su aplicación a la persona que elabora la tesis titulada:

“Evaluación de la Estabilidad del Talud de Corte Ejecutado En La Carretera Nacional PE-38A KM 33+500 Departamento de Puno - 2021”

Luego de hacer las observaciones y sugerencias pertinentes, puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

CRITERIOS	DEFICIENTE 00-20%	REGULAR 21-40%	BUENA 41-60%	MUY BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
La estrategia da respuesta al propósito del estudio.					92%
Confiabilidad de Instrumentos.					98%
Confiabilidad de Datos.					97%
Formulación con lenguaje adecuado y específico.					90%
Expresa el alcance de la investigación.					95%
Contribuye al avance de la Ciencia, Tecnología y Desarrollo Sostenible.					98%
Promedio de % de Validez	95%				



Puno, 11 de agosto del 2021

SERGIO EFRAÍN APAZA MAQUERA
INGENIERO CIVIL REG. CIP. 86940
ESPECIALISTA EN MONITOREO Y SEGUIMIENTO
DEL EERCC-DGPPY-MTC

Ing. Sergio Efraín APAZA MAQUERA
DNI N° 01856108

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Julio ESCOBEDO ARIZACA con CIP N.º 90558, como Ingeniero Geólogo y Especialista en Suelos y Pavimentos - Geotecnia, por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación de datos, instrumentos y los efectos de su aplicación elaborado en la parte del Estudio de Mecánica de Suelos a la persona que elabora la tesis titulada:

"Evaluación de la Estabilidad del Talud de Corte Ejecutado En La Carretera Nacional PE-38A KM 33+500 Departamento de Puno - 2021"

Luego de hacer las observaciones y sugerencias pertinentes, puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

CRITERIOS	DEFICIENTE 00-20%	REGULAR 21-40%	BUENA 41-60%	MUY BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
La estrategia da respuesta al propósito del estudio.					92%
Confiabilidad de Instrumentos.					99%
Confiabilidad de Datos.					99%
Formulación con lenguaje adecuado y específico.					91%
Expresa el alcance de la investigación.					94%
Contribuye al avance de la Ciencia, Tecnología y Desarrollo Sostenible.					95%
Promedio de % de Validez	95%				

Puno, // de agosto del 2021



Ing JULIO ESCOBEDO ARIZACA
CIP 90558
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
GEOTECNIA

Ing. Julio ESCOBEDO ARIZACA
DNI N° 02292048

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Wilfredo PANTI PAREDES con DNI N.º 01856108, como Topógrafo, por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación de datos, instrumentos y los efectos de su aplicación elaborado en la parte del Estudio de Topografía a la persona que elabora la tesis titulada:

“Evaluación de la Estabilidad del Talud de Corte Ejecutado En La Carretera Nacional PE-38A KM 33+500 Departamento de Puno - 2021”

Luego de hacer las observaciones y sugerencias pertinentes, puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

CRITERIOS	DEFICIENTE 00-20%	REGULAR 21-40%	BUENA 41-60%	MUY BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
La estrategia da respuesta al propósito del estudio.					91%
Confiabilidad de Instrumentos.					99%
Confiabilidad de Datos.					99%
Formulación con lenguaje adecuado y específico.					89%
Expresa el alcance de la investigación.					95%
Contribuye al avance de la Ciencia, Tecnología y Desarrollo Sostenible.					97%
Promedio de % de Validez	95%				

Puno, 11 de agosto del 2021


Bach. Wilfredo Panti Paredes
DNI N° 01856108
TOPOGRAFO ICC

Bach. Wilfredo PANTI PAREDES
DNI N° 01856108

Anexo 9. Porcentaje (%) de Turnitin.

Evaluación de la Estabilidad del Talud de Corte Ejecutado En La Carretera Nacional PE-38A KM 33+500 Departamento de Puno – 2021.docx

por JHON ANGEL APAZA MAQUERA

Fecha de entrega: 05-sep-2021 07:33p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1631396508

Nombre del archivo:

Evaluación_de_la_Estabilidad_del_Talud_de_Corte_Ejecutado_En_La_Carretera_Nacional_PE-38A_KM_33_500_Departamento_de_Puno_2021.docx (26.16M)

Total de palabras: 15738

Total de caracteres: 85124

Evaluación de la Estabilidad del Talud de Corte Ejecutado En La Carretera Nacional PE-38A KM 33+500 Departamento de Puno – 2021.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	edoc.pub Fuente de Internet	2%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	idoc.pub Fuente de Internet	1%
4	docslide.us Fuente de Internet	1%
5	id.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
7	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%

Anexo 10. Panel Fotográfico.



VISTA 01: Se puede ver el talud de corte de estudio (margen izquierdo) ubicado el km 33+500.



VISTA 02: Se puede apreciar que mi persona está situado al pie del talud de corte del margen izquierdo.





VISTA 03: Ubicación del inicio del talud de corte estudiado (margen izquierdo) en el km 33+400.



VISTA 04: Se puede ver el final del talud de corte situado en el km 33+620.





VISTA 05: Se puede ver la primera banqueta del talud de corte (margen izquierdo).



VISTA 06: Se puede ver la segunda banqueta del talud de corte (margen izquierdo).





VISTA 07: Se puede ver el primer punto para la georreferenciación obtenido al momento del levantamiento topográfico.

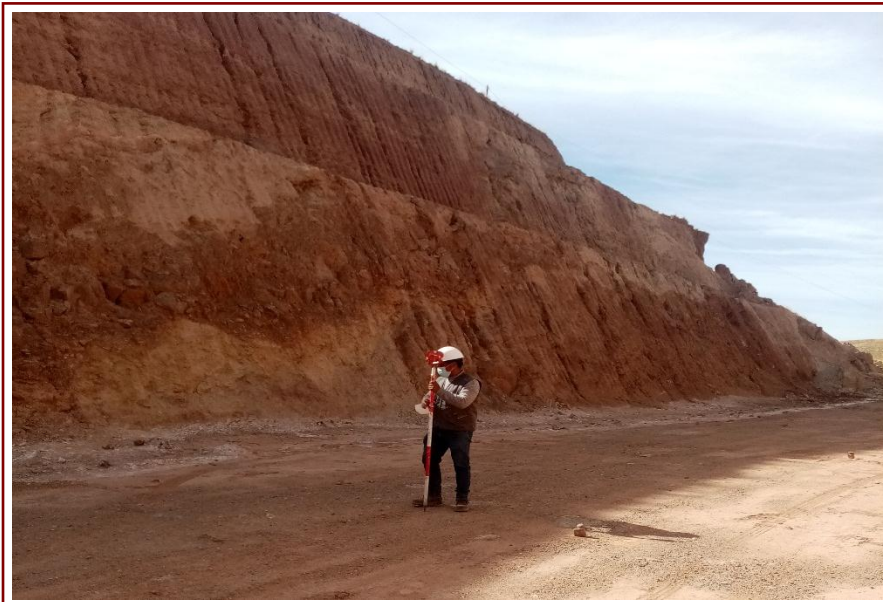


VISTA 08: Se puede apreciar la ubicación del PC (punto de cambio) en el lado margen derecho del talud de corte.





VISTA 09: Se puede ver la obtención de un punto con el prisma elevado a 2.50m. para facilitar la visión de la estación total.

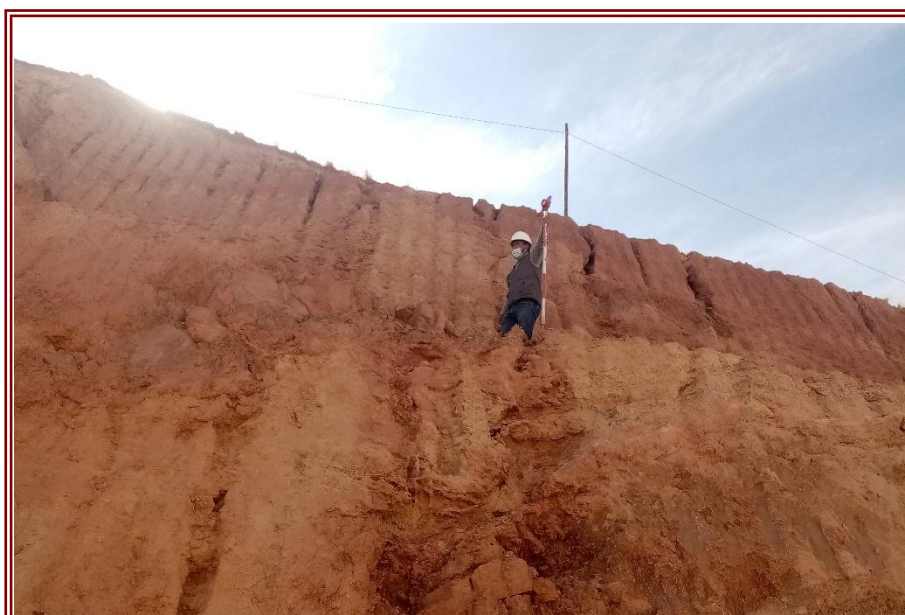


VISTA 10: Se puede ver la ubicación del prisma al medio (eje) de la carretera.



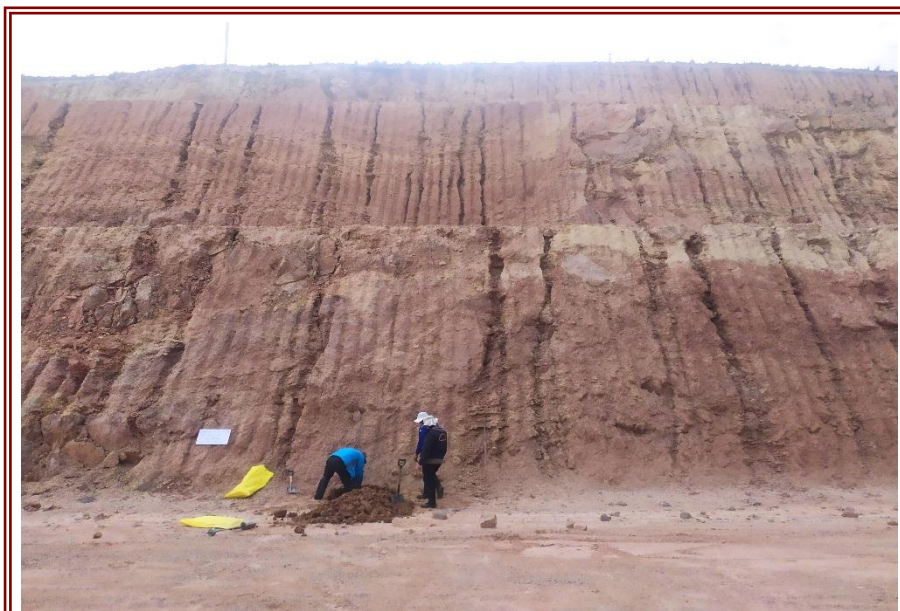


VISTA 11: Se puede ver la obtención del punto con el prisma ubicado al pie del talud de corte de estudio.



VISTA 12: Se puede ver la obtención del punto con el prisma ubicado encima de la banqueta





VISTA 13: Se puede ver que se está realizando la calicata (C-1) al pie del talud de corte.



VISTA 14: Se puede ver el ejecución del ensayo DPL en la calicata (C-1) al pie del talud de corte.





VISTA 15: Se puede ver que se está realizando la calicata (C-2) encima de la banqueta



VISTA 16: Se puede ver que la ejecución del ensayo DPL en la calicata (C-2).

